



Naturalis

Repositorio Institucional

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar>

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias Naturales y Museo



Composición y estructura de la fauna de invertebrados bentónicos sobre substratos duros y blandos en la Cuenca del Plata

Spaccesi, Fernando Gustavo

Doctor en Ciencias Naturales

Dirección: Rumi, Alejandra

Facultad de Ciencias Naturales y Museo
2015

Acceso en:

<http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/id/20151130001421>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



Naturalis

Repositorio Institucional
FCNyM - UNLP

2015

Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ciencias
Naturales y Museo

“Composición y estructura de la
fauna de invertebrados bentónicos
sobre sustratos duros y blandos en
la Cuenca del Plata”

Tesis para optar al título de
Doctor en Ciencias Naturales

por el Lic. Fernando Gustavo Spaccesi

La Plata, Buenos Aires, Argentina



Universidad Nacional de La Plata



Facultad de Ciencias Naturales y Museo

“Composición y estructura de la fauna de invertebrados bentónicos sobre substratos duros y blandos en la Cuenca del Plata”

Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Naturales

por

Lic. Fernando Gustavo Spaccesi

La Plata, Buenos Aires, Argentina, noviembre de 2015

Lic. Fernando Spaccesi

–Tesista–

Dra. Alejandra Rumi

–Director–

Dra. Laura Miserendino Dra. Mercedes Marchese Dra. Luciana Montalto

–Honorable Jurado de Tesis–

*A mi viejo,
un grande...*

*...a mamá,
a mis sobrinos,
a mis hermanos,
a la memoria del Loren querido y del viejo Tato,
a mis amigos,
y aquellos maestros que me instruyeron y educaron.*

Declaración formal de autoría de la Tesis

Asumo la autoría del presente trabajo de Tesis realizado en su integridad con la ayuda económica de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de la República Argentina, a través de programas de becas.

Esta Tesis doctoral fue desarrollada en la División de Invertebrados del Museo de Ciencias Naturales de La Plata, y posteriormente en el Laboratorio de Bentos del Instituto de Limnología (ILPLA) “Dr. Raúl Ringuelet”, bajo la dirección de la Dr. Alejandra Rumi.

La colaboración de personas e instituciones en este trabajo quedan claramente expuestas en el manuscrito, en la sección de Agradecimientos.

Lic. Fernando Gustavo Spaccesi
Tesista

La Plata, noviembre de 2015

Ubicación temática de la Tesis Doctoral según el criterio de autor

Disciplina: ecología.

Nivel de análisis: comunidades (sinecología).

Ambiente: acuático continental lótico.

Comunidad: bentos animal.

Taxa: invertebrados.

Acercamiento metodológico: descriptivo–analítico.

Problemáticas estudiadas: biodiversidad, composición y estructura faunística, invasiones biológicas, disturbios, asociaciones, sucesión y grupos funcionales.

ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO.....pág. 10

RESUMEN Y ABSTRACT.....pág. 13

RESUMEN, PALABRAS CLAVES; ABSTRACT, KEY WORDS

INTRODUCCIÓN.....pág. 22

CAPÍTULO 1 LAS COMUNIDADES

Ecología de las comunidades bentónicas (marco teórico)

1.1 El bentos

CAPÍTULO 2 EL ESCENARIO

El Río de la Plata y el río Paraná (Cuenca del Plata)

2.1 Características físicas, químicas y geomorfológicas

2.2 La fauna bentónica

2.2.1 El caso de la especie invasora *Limnoperna fortunei* o mejillón dorado

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....pág. 36

CAPÍTULO 3 EL POR QUÉ Y EL PARA QUÉ

Hipótesis y objetivos del trabajo

3.1 Hipótesis

3.2 Objetivos

METODOLOGÍA.....pág. 38

CAPÍTULO 4 MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS

Plan de trabajo

4.1 Área de estudio y sitios de muestreo

4.2 Tareas de campo: toma de muestras

4.2.1 Variables ambientales

4.2.2 Diseño de muestreo para el sustrato duro

4.2.3 Diseño de muestreo para el sustrato blando

4.2.4 El muestreo preliminar	
4.3 Tareas de laboratorio: procesamiento de las muestras	
4.3.1 Tratamientos de las muestras para el sustrato duro	
4.3.2 Tratamientos de las muestras para el sustrato blando	
4.4 Tareas de gabinete: análisis de la comunidad bentónica	
4.4.1 Variables biológicas	
4.4.2 Diversidad alfa y beta	
4.4.3 Ordenamiento	
4.4.4 Grupos funcionales alimentarios (GFA)	
RESULTADOS	pág. 56
CAPÍTULO 5 LA COMPOSICIÓN Y LA ESTRUCTURA	
5.1 Variables ambientales	
5.1.1 Punta Indio y Playa Bagliardi	
5.1.2 Río Paraná Inferior, Medio y Alto	
5.2 Variables biológicas: asociaciones bentónicas en el sustrato duro y blando	
5.2.1 Punta Indio y Playa Bagliardi	
5.2.2 Río Paraná Inferior, Medio y Alto	
5.3 Interacción variables ambientales y biológicas	
5.3.1 Punta Indio	
5.3.2 Playa Bagliardi	
5.3.3 Río Paraná Inferior, Medio y Alto	
CAPÍTULO 6 LA FUNCIONALIDAD	
Grupos Funcionales Alimentarios (GFA)	
6.1 GFA en Punta Indio	
6.2 GFA en Playa Bagliardi	
6.3 GFA en Río Paraná Inferior, Medio y Alto	
DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN	pág. 143
CAPÍTULO 7 LAS CONSIDERACIONES FINALES	
Discusión	
7.1 Variables ambientales	

7.2 Variables biológicas

7.2.1 Frecuencia, Densidad y Dominancia

7.2.2 Riqueza, Diversidad y Uniformidad

7.2.3 Similitud de Jaccard y de Sørensen cuantitativo

7.3 Relaciones variables ambientales y la comunidad bentónica

7.4 Grupos funcionales alimentarios (GFA)

Conclusiones

Transferencia/Recomendaciones/Propuestas

AGRADECIMIENTOS.....pág. 181

REFERENCIAS.....pág. 184

APÉNDICE.....pág. 202

ANEXO.....pág. 205

PRÓLOGO

Numerosos trabajos científicos reflejan el desarrollo de una teoría ecológica en función de la distribución de los organismos, la regulación por interacciones (competencia, predador–presa, asociaciones, etc.) y por el efecto que sobre la comunidad tienen los disturbios físicos, químicos y biológicos. El presente trabajo de Tesis doctoral describe fundamentalmente la composición y la estructura de la comunidad bentónica litoral del substrato duro y blando en distintos sitios del Río de la Plata y río Paraná (Cuenca del Plata), más algunos aspectos de su funcionalidad; empleando metodologías apropiadas para un análisis de variabilidad espacio–temporal. El objetivo final del estudio es generar conocimiento sobre la dinámica de comunidades de invertebrados bentónicos dulceacuícolas y estuariales de la Gran Cuenca del Plata en Argentina. Para ello se ha adoptado una disposición en capítulos que resumen distintos marcos conceptuales, técnicos y/o metodológicos. Su secuencia responde a un enfoque que va desde una visión general de la comunidad hasta características específicas. También se ha empleado en el texto el uso de la letra negrita para resaltar algún concepto, un resultado determinado o una idea en particular.

En primer lugar, se presenta un **RESUMEN** en castellano y en inglés (**ABSTRACT**) que refleja el contenido sintetizado del trabajo de Tesis. La **INTRODUCCIÓN** comprende dos capítulos. En el **primer capítulo** se describen las comunidades bentónicas como marco teórico de la Tesis; así como las características, clasificación y variabilidad del substrato duro y blando para la ocurrencia y distribución de la fauna de invertebrados. Un **segundo capítulo** hace referencia al área de estudio del trabajo de Tesis; es decir, se definen características físicas, químicas, geomorfológicas y biológicas del Río de la Plata y el río Paraná en territorio argentino. Además, se aclaran algunos aspectos de la biología de una especie invasora como *Limnoperna fortunei* o el mejillón dorado. Este es un bivalvo mitílido de origen asiático, introducido en el Río de la Plata en la década del noventa, y considerado como un vital facilitador de la comunidad bentónica del substrato duro. La importancia de este apartado radica en comprender mejor la dinámica de la comunidad de invertebrados sobre este tipo de substrato. Las **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS** se plantean en el **tercer capítulo**. Los **MATERIALES Y MÉTODOS** empleados se detallan en el **cuarto capítulo**. Aquí se definen los sitios de muestreo, la toma de muestras, su procesamiento en el laboratorio y el análisis de la información en el gabinete. Se describen los métodos estadísticos (univariado y multivariado) utilizados para analizar y comparar los datos ambientales (físicos y químicos del agua), y biológicos (cambios de la comunidad bentónica) en el espacio–tiempo. Los **RESULTADOS** se exponen en el **quinto capítulo**

con el análisis de la comunidad bentónica en cuanto a la presencia/ausencia de taxa, frecuencias, abundancia, dominancia, diversidad alfa (riqueza taxonómica, Shannon–Wiener, equitatividad), diversidad beta (similitud de Jaccard, similitud de Sørensen), asociaciones biológicas con factores abióticos, etc. El **sexto capítulo** es una descripción de la fauna de invertebrados bentónicos sobre la base de la funcionalidad alimentaria, como otra forma de ordenamiento de la comunidad bentónica para un mejor entendimiento de su composición y estructura. La **DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN** se propone en el **séptimo capítulo** como consideraciones finales; es decir, se interpretan y evalúan los resultados obtenidos contrastándolos con trabajo específicos similares y con las hipótesis planteadas. Además, se exponen algunas propuestas que se desprenden de este trabajo de Tesis para la continuidad en esta línea de investigación y otras, dentro de la ecología de comunidades bentónicas y la biología de especies invasoras. A continuación se expresan los **AGRADECIMIENTOS** a todas aquellas personas e instituciones que de una forma u otra han colaborado en la realización de esta Tesis. La bibliografía consultada es detallada como **REFERENCIAS**. Finalmente, se adjunta un **APÉNDICE** con figuras provenientes de resultados obtenidos de un trabajo previo del Tesista, con el propósito de ilustrar algunas nociones de la ecología de poblaciones del mejillón dorado debatidos en la Discusión, y un **ANEXO** con fotografías de varios de los taxa encontrados.

Esta Tesis fue el resultado de varios años de trabajo dedicados a la búsqueda bibliográfica, a la lectura de documentos científicos, a salidas periódicas al campo, al procesamiento, observación y determinación del material bajo lupa y microscopio, al análisis estadístico de la información, y a la elaboración de un manuscrito que compila lecturas, observaciones, datos obtenidos, ideas, discusiones y consultas con colegas. Espero haber llegado a un balance entre la realidad y el rigor de los argumentos expuestos, cuya exposición de los temas tratados sea accesible y claro para un público particular y general. Por otro lado, pretendo que sea una fuente de consulta para estudiantes, docentes, investigadores y futuros doctores como lo fueron para mí tesis anteriores de colegas. En lo personal, una satisfacción y un logro poder concluir un trabajo de esta trascendencia que me permite cerrar una etapa de mi vida.

F. G. S.

RESUMEN

Y

ABSTRACT

RESUMEN

El bentos animal es una comunidad heterótrofa de la interfaz agua y materiales del fondo de ambientes acuáticos. El sustrato (roca, arena, limo) junto a otros factores modelan la composición (ocurrencia, densidad, dominancia), estructura (diversidad, similitud entre comunidades) y función (grupos funcionales alimentarios, tasas de predación, flujo de energía) de los ensambles comunitarios e interacciones. La Cuenca del Plata –segundo sistema hidrológico más importante en América del Sur– tiene por colector al Río de la Plata, formado por confluencia de los ríos Paraná y Uruguay. Según criterios físicos, químicos, geomorfológicos y biológicos, el Río de la Plata se ordena en principales zonas: interna–fluvial, intermedia, y externa–estuarina. El río Paraná nace en Brasil, y en la Argentina se ordena en: Alto, Medio, Inferior y Delta. Los objetivos del trabajo de Tesis fueron analizar y comparar espacial y temporalmente la composición y estructura de invertebrados bentónicos, sobre sustrato duro y blando en distintos tramos del Río de la Plata y Paraná; y ordenarla según grupos funcionales alimentarios (GFA).

Los muestreos fueron mensuales (abril/2002 a marzo /2004) en el litoral de la zona intermedia del Río de la Plata: Punta Indio y Playa Bagliardi, y de verano (febrero/2003 y 2004) en los tramos Inferior, Medio y Alto del río Paraná: San Nicolás de los Arroyos, Santo Tomé e Ituzaingó, respectivamente. Por sitio y tipo de sustrato se tomaron al azar cinco unidades muestrales en sustrato duro –rocas cubiertas por el bivalvo invasor *L. fortunei*– con marco de 25 cm², y en sustrato blando –arena, limo, arcillas– con Corer de 24 cm². Se midieron variables físicas y químicas del agua *in situ*: pH, conductividad, temperatura, total de sólidos disueltos, oxígeno disuelto, y saturación de oxígeno. En laboratorio se separó el material bentónico sobre tamiz de 60 µm de malla y se tiñó con eritrosina B para identificación y conteo bajo lupa binocular. Para los taxa se estimaron: presencia/ausencia, frecuencia de ocurrencia, densidad y dominancia en abundancia e índices ecológicos: riqueza taxonómica, diversidad de Shannon–Wiener, equitabilidad de Pielou, dominancia de Simpson, similitud de Jaccard y Sørensen cuantitativo. Análisis de ordenamiento: a) similitudes intra y entre grupos (ANOSIM), para contrastar: abundancia de invertebrados y estaciones del año (factor temporal–estacional), un año de muestreo con respecto al siguiente (factor

temporal–anual) y substrato duro *vs.* blando (factor tipo de substrato); b) escalamiento multidimensional–no paramétrico (nMDS) permitió observar di/similitudes en un diagrama de dispersión biplot; c) porcentajes de similitudes de taxa (SIMPER) permitió identificar cuáles explicaban diferencias o similitudes entre substratos, sitios y estaciones del año; y d) correlación múltiple con variables biológicas *vs.* ambientales (análisis de RELATE y BIOENV), para seleccionar qué variables físicas y químicas influyeron en distribución de taxa. La composición bentónica se clasificó en grupos funcionales alimentarios (GFA): herbívoros, detritívoros, fragmentadores, desmenuzadores y trituradores (G1); recolectores y filtradores (G2); raspadores y ramoneadores (G3); y predadores (G4). Se los describió en número de taxa y porcentaje de abundancia (%).

Los datos físicos y químicos del agua fueron los esperados en Río de la Plata y Paraná, ciclo coincidente con el fenómeno de El Niño (impacto débil a moderado). El pH se mantuvo en valores neutros, la temperatura con patrones estacionales templados (Río de la Plata) a subtropicales (Alto Paraná), la conductividad con marcadas diferencias latitudinales, más baja en el Alto Paraná y mayores fluctuaciones en Punta Indio por la aproximación al estuario del Río de la Plata.

La comunidad de substrato duro en Punta Indio y Playa Bagliardi presentó mayor abundancia de individuos que en substrato blando, siendo el duro de Playa Bagliardi el de mayor densidad bentónica. En estos sitios, la especie dominante en densidad fue *L. fortunei* (Bivalvia) y los Nematoda. La riqueza taxonómica promedio y acumulada fue mayor en substrato duro que en el substrato blando en ambos sitios relevados del Río de la Plata –en Punta Indio se registraron 40 taxa en duro y 35 en blando; y en Playa Bagliardi 35 en duro y 30 en blando–. Por otro lado, el substrato duro presentó una menor diversidad que el blando. La dominancia en substrato blando fue menor. No se observó patrón estacional en la riqueza, diversidad y equidad de taxa.

Las agregaciones de *L. fortunei* brindan un nuevo substrato (biológico) para el asentamiento de otros invertebrados, cambian significativamente la composición de taxa, y proveen un gran aporte de biomasa total a la comunidad. La ocurrencia y abundancia de invertebrados bentónicos en el substrato duro estarían vinculadas a la talla y abundancia del mejillón dorado. En Punta Indio el último presenta menos abundancia de ind./m² y sus tallas son mayores que en Playa Bagliardi. Esto se

debería a la disponibilidad, disposición y ubicación del sustrato duro y al tiempo de exposición al aire que, probablemente, es menor en Playa Bagliardi. La alta densidad de individuos pequeños en el sustrato duro de Playa Bagliardi facilitaría la retención de humedad y beneficiaría la mayor supervivencia de los reclutas y de otros grupos de invertebrados asociados a este sustrato. La disposición del conglomerado de mejillones ofrece una mayor superficie, complejidad de arquitectura (geometría fractal) y heterogeneidad a nivel de microhábitat que el sustrato blando. Disminuyendo el tamaño de los espacios intersticiales (*e.g.* más refugios), impidiendo el acceso a organismos de mayor tamaño (*e.g.* depredadores), presentando mayor disponibilidad de alimento (*e.g.* algas epífitas y detritos) y favoreciendo la abundancia de especies, a la macrofauna móvil y a la riqueza de los invertebrados más pequeños. En sustrato blando, los Ostracoda y Nematoda fueron constantes y dominantes en Punta Indio y los Nematoda, juveniles de Bivalvia (< 1 mm), Rotifera y Hidrachnidia en Playa Bagliardi.

En los muestreos de verano del río Paraná (Inferior, Medio y Alto), la riqueza taxonómica en el sustrato duro fue mayor que en el blando. Los demás índices ecológicos (diversidad, dominancia y uniformidad) mostraron los mayores valores en sustrato blando. En sustrato duro del río Paraná, además de *L. fortunei*, los Harpacticoidea, Oligochaeta, Chironomidae y Nematoda fueron relevantes en abundancia relativa. En el sustrato blando los Oligochaeta y Nematoda fueron los más importantes.

Los sustratos presentaron más diferencias que similitudes (diversidad β) entre sí en la fauna bentónica del Río de la Plata y río Paraná. El sustrato duro incluyó mayor exclusividad de taxa que en el blando. El análisis de diversidad β segregó a las comunidades bentónicas en dos entidades bien definidas. Según el ANOSIM y nMDS, el sustrato duro tuvo poca variación significativa entre la composición y estructura bentónica respecto a las estaciones del año, en ambos sitios del Río de la Plata. No así en el blando. Según SIMPER, Nematoda y Bivalvia fueron los taxa que mejor explicaron los cambios en sustrato duro de Punta Indio y Playa Bagliardi; mientras que los Tardigrada, Nematoda y Ostracoda lo fueron para el blando de Punta Indio, y Nematoda para el blando de Playa Bagliardi; estos resultados reafirmaron lo obtenido para la abundancia y dominancia. Según RELATE y BIOENV, las variables físicas y químicas no definieron un patrón

temporal en la comunidad del Río de la Plata. Esta fauna estaría más relacionada con recursos ofrecidos por el microhábitat y la dinámica funcional, al menos para sustrato duro y sus mejillones. En el río Paraná se observó una correlación significativa entre variables biológicas y ambientales (pH, la temperatura y sólidos disueltos).

Recolectores y filtradores mostraron mayor riqueza taxonómica en ambos sustratos y sitios del Río de la Plata. En Punta Indio los de mayor abundancia fueron los fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros. En Playa Bagliardi serían los filtradores (*L. fortunei*). La alta abundancia del Mytilidae estaría en función de su alta tasa de filtración, calidad y cantidad de materia orgánica disponible en aguas rioplatenses. La biodepositación y la complejidad del microhábitat de los mejillones proporcionan alimento a otros invertebrados. *L. fortunei* controlaría la disponibilidad de recursos (ingeniero ecosistémico), facilitando refugio ante la depredación y factores como desecación o shock de olas. En el río Paraná, también se observó predominio en riqueza y abundancia de recolectores y filtradores, definidos basicamente por *L. fortunei* y representados fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros.

PALABRAS CLAVES: Limnología, Ensamblajes comunitarios, Variación Espacio-Temporal, Índices de Diversidad, Análisis Multivariado, Río de la Plata y río Paraná.

ABSTRACT

Zoobenthos is the heterotrophic community which lives on, in, or near the interface and bottom materials in aquatic environments. The substrate (rock, sand, silt) along with others factors shape the community assemblages such as composition (occurrence, density, dominance of taxa), structure (taxonomic diversity, and communities' similarity) and function (functional feeding groups, predation, flow energy). Del Plata Basin –the second largest hydrographic basin in South America– has the Río de la Plata collector, consists mainly of the confluence of the Paraná and Uruguay rivers. According to the hydrologic, geologic, and biologic characteristics, zones are recognized in the Río de la Plata: internal–fluvial, intermediate, and external–estuarine. The Paraná River begins in Brazil and goes into the Argentine territory, the Upper, Middle, and Lower Paraná, with the river–Delta, are described. The objectives of this Thesis were to analyze and compare the composition and structure of benthic invertebrates on hard and soft substrate – temporal and spatially– in different sites at the Río de la Plata and Paraná rivers; and classify the community in relation to the functional feeding groups (FFGs).

Monthly littoral samples (April 2002 to March 2004) were conducted at two extreme sites of the intermediate zone of the Río de la Plata: Punta Indio, and Bagliardi Beach; and summer samples (February 2003 and 2004) at three sites in the Lower, Middle, and Upper zones at the Paraná River: San Nicolás de los Arroyos, Santo Tomé, and Ituzaingó; respectively. Five samples were taken at random, at each site, on hard substrates —granite rocks entirely covered by the exotic bivalve *L. fortunei*— with an open wooden square frame (25-cm²); and five samples in the soft substrates —sand, silt, and clay— extracted with a Corer sampler (24-cm²). Physicochemical variables of the water were measured *in situ*: total dissolved solids, pH, conductivity, temperature, dissolved oxygen, and oxygen saturation. In the laboratory, benthic fauna were separated in a sieve (60-µm wire gauze), and dyed with erythrosine B for counting under a stereomicroscope. Ecological variables were calculated: presence/absence of organisms, frequency of occurrence, density, dominance in abundance, taxa richness, Shannon–Wiener diversity, Pielou's evenness, Simpson's dominance, Jaccard's similarity, and Sørensen's quantitative. Multivariate analyses: a) the similarities analysis within

and between groups (ANOSIM) was used to examine the abundance of benthic invertebrates and temporal patterns (factors: seasonal and annual), and between hard substrates vs. soft substrates (factor: substrates); b) the non-parametric multidimensional-scaling (nMDS) was used to observe the di/similarities in a dispersion diagram; c) the percentages of similarity of species (SIMPER routine) was used to identify which taxa explained these differences or similarities between substrates, sites, and temporal patterns; d) a multiple-regression analysis (RELATE and BIOENV procedure) was used to select and consider which environmental variables could potentially influence the biological data. Benthic invertebrates were assigned to functional feeding groups (FFGs) defined in terms of number of taxa, and abundance percentage (%) in: herbivores, detritivores, deposit-feeders, and shredders (G1); filtering and gathering collectors (G2); scrapers (G3); and predators (G4).

The physicochemical variables displayed expectable values for the sampling periods at the Río de la Plata and Paraná rivers; within a warm phase of the El Niño–Southern Oscillation (from weak to moderate impact). The pH was slightly neutral without significant variations; water temperature varied according to the season, from the Río de la Plata (temperate) to the upper Paraná River (subtropical); conductivity showed latitudinal differences, with lower values at upper Paraná River and considerable fluctuations at Punta Indio, due to the proximity to the estuarine zone of the Río de la Plata.

The abundance of invertebrates of hard substrate at Punta Indio and Bagliardi Beach was much higher than the soft substrate, being the hard substrate at Bagliardi Beach the densest. At these sites, the Bivalvia *L. fortunei* and Nematoda were the dominant taxa in abundance. The average and cumulative taxa richness were higher in the hard substrate than in the soft substrate, in both sampling sites at the Río de la Plata –Punta Indio had 40 taxa in total in the hard substrate and 35 taxa in the soft substrate; while Bagliardi Beach had 35 taxa in total in the hard substrate and 30 taxa in soft substrate—. On the other hand, the hard substrate showed less diversity than the soft substrate. The dominance in the soft substrate was lowest. It was not observed seasonal patterns in the richness, diversity or evenness.

The mussel beds offer a new substrate (biological) for settlement to other invertebrates, increases the abundance of individuals, changes significantly the composition of taxa, and thus provides a great biomass to the community. The occurrence and density of benthic invertebrates in the hard substrate would be in relation to the size and abundance of mussels. At Punta Indio, the golden mussels show less abundance and their sizes are larger than the populations of Bagliardi Beach. This is due to the availability, arrangement, location and the air exposure of the hard substrate, probably lower at Bagliardi Beach. The high density of individuals of small size on the hard substrate at Bagliardi Beach would facilitate the retention of humidity and provide a refuge for a high level of recruitment of *L. fortunei* and a whole group of invertebrates associated to this substrate. The physical irregularity of the mussel's arrangement offer more surface, heterogeneity, and complex architecture (fractal geometry) than the soft substrate. This would provide a decrease in the size of the interstitial space (*e.g.* more shelters), prevent access to larger organisms (*e.g.* predators), present a greater availability of food (*e.g.* epiphytic algae and detritus), and give a positive effect in the abundance of species, vagile and smaller macrofauna, and taxa richness. In the soft substrate, Ostracoda and Nematoda were constant and dominant at Punta Indio; while at Bagliardi Beach, Nematoda, juveniles of Bivalvia (<1 mm), Rotifera and Hidrachnidia were the central groups.

In the summer samplings at Paraná River (lower, middle, and upper), the taxa richness in the hard substrate was also higher than the soft substrate; but here the other ecological indexes as diversity, dominance and evenness showed the highest values at soft substrate. Apart from the high abundance of *L. fortunei*, other groups like Harpacticoidea, Oligochaeta, Chironomidae, and Nematoda have had relevant in abundance on hard substrate at Paraná River sites, while in the soft substrate; Nematoda and Oligochaeta were the main components.

The substrates had more differences than similarities (β -diversity) from each other in relation to the benthic fauna associated in the Río de la Plata and Paraná rivers. The hard substrate included more exclusivity taxa in comparison to the soft substrate. The β -diversity separated two well-defined benthic entities. The ANOSIM and nMDS analysis indicated slight significant differences in the benthic community composition and structure among the seasons at both sites of Río de la

Plata; but not for the soft substrate. The SIMPER routine identified the Nematoda and Bivalvia as responsible of the changes observed in the hard substrate at Punta Indio and Bagliardi Beach; while Tardigrada, Nematoda and Ostracoda explained the similarity in the soft substrate at Punta Indio, and Nematoda at Playa Bagliardi. According to RELATE and BIOENV procedure, physicalchemical variables did not define changes in the temporal pattern of the benthic community at Río de la Plata. The invertebrate fauna would be more related to resources available in the microhabitat, and functional dynamics of the substrate; at least for the hard substrate and its mussel beds. At Paraná River a significant correlation between biological and environmental variables was observed, such as pH, temperature and dissolved solids

The filterers and gathering collectors showed the highest taxa richness, in both substrates and sites at Río de la Plata. But, shredders, herbivores, detritivores, and deposit-feeders were the most abundance group at Punta Indio; while filterers (*L. fortunei*) dominated in density at Bagliardi Beach. The high abundance of Mytilidae would depend on its high filtration rate, quality and quantity of organic matter (plankton, feces, pseudofaeces, and detritus) available in the Río de la Plata costline. The biodeposition and microhabitat complexity of mussels provide a food source for other benthic invertebrates; thus, the golden mussel control the availability of resources as an ecosystem engineer, providing a refuge for live prey against predators, and tolerance to physical factors such as dryness and wave action. At Paraná River, the taxa richness and abundance were dominated by collectors and filterers, essentially defined by the golden mussel; and followed by the groups of shredders, herbivores and detritivores.

KEY-WORDS: Limnology, Community assemblages, Spatial-temporal variations, Diversity Indexes, Multivariate Analysis, Río de la Plata and Paraná rivers.

INTRODUCCIÓN

Capítulo 1 Las Comunidades

“Dos no se pegan si uno no quiere”

ECOLOGÍA DE LAS COMUNIDADES BENTÓNICAS (MARCO TEÓRICO)

1.1 EL BENTOS

La **ecología de comunidades** o **sinecología** es una disciplina que estudia las interacciones que ocurren entre un grupo de poblaciones de distintas especies con el medio ambiente en el que habitan. Estas interacciones o ensamblajes comunitarios se manifiestan en **características emergentes** o atributos de la comunidad como la **composición** (*e.g.* riqueza de especies, abundancia relativa, dominancia de taxa), la **estructura** (*e.g.* diversidad, similitud entre comunidades, tamaños de clases) y la **función** (*e.g.* grupos funcionales alimentarios, tasas de predación, flujo de energía; [Jaksic, 2001](#)).

El **bentos** es definido como la comunidad biológica propia de la interfase entre el agua y los materiales del fondo de los ambientes acuáticos ([Vega Vélez, 1980](#)). Según la forma de vida eucariota, se lo clasifica en fitobentos (fracción autótrofa) y zoobentos (fracción heterótrofa).

El **substrato** es uno de los principales factores que influyen en la ocurrencia, abundancia y distribución de los ensamblajes de invertebrados bentónicos ([Miserendino, 2001](#); [Strayer et al., 2006](#)). De acuerdo al tamaño que tengan los distintos materiales sedimentarios que transporta un cuerpo de agua, el substrato se agrupa en: arcillas (0,00025 a 0,004 mm), limos (0,004 a 0,0625 mm), arenas (0,0625 a 2 mm), gravas (2 a 64 mm), cantos rodados (64 a 256 mm) y bloques (> 256 mm; clasificación granulométrica basada en la escala Wentworth y norma DIN 4022; [Parker et al. 1982](#), [McLachan, 1983](#)). Los substratos no consolidados, mixtos y con mayor o menor estabilidad frente al movimiento del agua, como las arcillas, limos y arenas, pueden denominarse substratos “blandos”, mientras que las piedras de distinta granulometría, en particular las rocas firmes, formarían los substratos

“duros”. En relación con el sustrato se designa al **bentos** animal en **epifaunal** (sobre el sedimento) e **infaunal** (dentro del sedimento).

Según la **movilidad** encontramos organismos sésiles y aferrados (fijos o sujetos sobre superficies sólidas, *e.g.* Hirudinea, Ancyliidae, Cirripedia), apoyados (posados sobre el sedimento, *e.g.* Dugesiiidae, Nematoda), trepadores (enraizados a superficies verticales móviles como plantas hidrófitas, *e.g.* Planorbidae), sedentarios (caminadores, deslizadores y saltadores que se mueven sobre el sustrato con una amplitud pequeña, *e.g.* Collembola), vágiles (con desplazamientos de mayor amplitud como los nadadores, *e.g.* Crustacea), cavadores y minadores (se hunden en el sustrato y pueden construir tubos, *e.g.* Tubificidae, Chironomidae), taladradores (hacen perforaciones en el sustrato duro, *e.g.* Polychaeta), (Vega Vélez, 1980; Merrit & Cummins, 1996).

Según el **tamaño** de los individuos se puede clasificar al bentos en **macrobentos** (> 1 mm; *e.g.* Bivalvia, Cirripedia, Decapoda), **meiobentos** (0,1 a 1 mm; *e.g.* Nematoda, Copepoda, Ostracoda) y **microbentos** (< 0,1 mm; *e.g.* Ciliophora, Foraminifera, Rotifera; Vega Vélez, 1980).

En líneas generales, el **zoobentos** de los ambientes lóticos (*e.g.* arroyos, ríos, estuarios) próximos al **litoral** tiene una estructura más compleja y menos uniforme que la alejada de la costa, debido al continuo cambio por acción erosiva del oleaje, a las corrientes de agua y al aporte de material alimentario detrítico–mixto–autóctono (a partir del plancton) y alóctono (proveniente de ecosistemas terrestres).

Los invertebrados bentónicos son también una parte importante en las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos, debido a su interacción con el plancton, el necton y la materia orgánica (Giller & Malmqvist, 1998). Según el rol que cumplen los organismos en las redes tróficas se los puede describir en **grupos funcionales alimentarios (GFA)**, donde se incluyen a raspadores, sedimentívoros, filtradores, predadores, etc. A cada uno de estos grupos de organismos que están ensamblados funcionalmente –ya que utilizan un mismo recurso de forma similar, independientemente de su posición taxonómica– se lo denomina **gremio**. El empleo de estos grupos funcionales ha sido útil para la descripción y análisis de la comunidad en ambientes lóticos, ya que permite definir el tipo de hábitat en el que se encuentran y el origen del elemento alimentario utilizado (Cummins & Wilzbach, 1985). Debido a que las comunidades de invertebrados bentónicos están compuestas

por una gran cantidad de grupos que presentan requerimientos tróficos muy heterogéneos, su actividad influye de manera determinante en el funcionamiento de los ecosistemas fluviales. De las relaciones entre lo físico (substrato) y la diversidad biológica de invertebrados, surge el concepto de **hábitat funcional** (Harper *et al.* 1998). El hábitat funcional, más las características morfológicas del ambiente lótico forma la calidad del hábitat; sumado a la calidad del agua (características físicas y químicas) forma la calidad biótica (ecosistémica). Éstos, junto con el transporte del agua y sedimentos (hidráulico), los corredores ecológicos asociados a la cuenca (hidrológico) y el aspecto estético y recreativo (holístico), forman parte de la **funcionalidad de ríos y arroyos** mencionado (Tharme, 2003; Allan & Castillo, 2007).

Las asociaciones bentónicas (**ensambles taxonómicos** o taxocenosis) que se forman sobre los substratos presentan nichos y requerimientos que se superponen, una similar explotación de los recursos y un ordenamiento según los gradientes ambientales (Jaksic, 1981). El conjunto de comunidades pueden visualizarse en el espacio como manchas separadas entre sí por distancias más o menos equivalentes; es decir, se observan zonas de mayor concentración y zonas de menor concentración de individuos. La concepción y la delimitación de estos agrupamientos permite derivar en conceptos sobre las **unidades ecológicas continuas**, donde los cambios son graduales y no se diferencian entidades sociológicas propiamente dichas; y las **unidades ecológicas discretas**, bien diferenciadas e integradas que se combinan para formar clases abstractas (Mills, 1971; Begon *et al.*, 2006).

Por último, la **fauna bentónica** es muy buena **indicadora biológica de cambios ambientales**, por consiguiente es común que se utilice la composición taxonómica y la estructura de las comunidades de invertebrados para evaluar la calidad del ecosistema y monitorear cambios físicos y químicos del agua, producidas por actividades humanas, urbanas, industriales, agropecuarias, ganaderas y otras prácticas en el uso del suelo (Resh *et al.*, 1995; Rodrigues Capítulo *et al.*, 2001, Miserendino & Masi, 2010).

Capítulo 2 El escenario

“A río revuelto... ¿es porque agua trae?”

EL RÍO DE LA PLATA Y EL RÍO PARANÁ (CUENCA DEL PLATA)

2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

La **Cuenca del Plata** es un sistema hidrológico de América del Sur que cubre un área aproximada de 3.180.000 km². Se compone de cuatro subcuencas: Paraná, Paraguay, Uruguay y Río de la Plata, más tributarios andinos y centenares de ríos menores (Bonetto, 1994; Fig. 1a).

El **Río de la Plata** es el recolector de esta gran cuenca y está formado por la confluencia de los ríos Paraná y Uruguay, que le aportan un caudal promedio de 16.000 m³/s (73 %) y 6000 m³/s (27 %), respectivamente. Este sistema fluvial-marítimo está ubicado entre los paralelos 34° 00' a 36° 10' S y 55° 00' a 58° 10' O y tiene una longitud de 250 a 323 km. Su ancho en el origen es de 1,7 km (Punta Gorda-Delta del Paraná) y en su desembocadura al mar es de 230 km (Bahía Samborombón). Cubre un área aproximada de 38.800 km² (Framiñan & Brown, 1996; Guerrero *et al.*, 1997).

Según el criterio del gradiente de salinidad, turbidez y biológico, se ordena al Río de la Plata en **tres zonas** principales (Boschi, 1988; Fig. 1b):

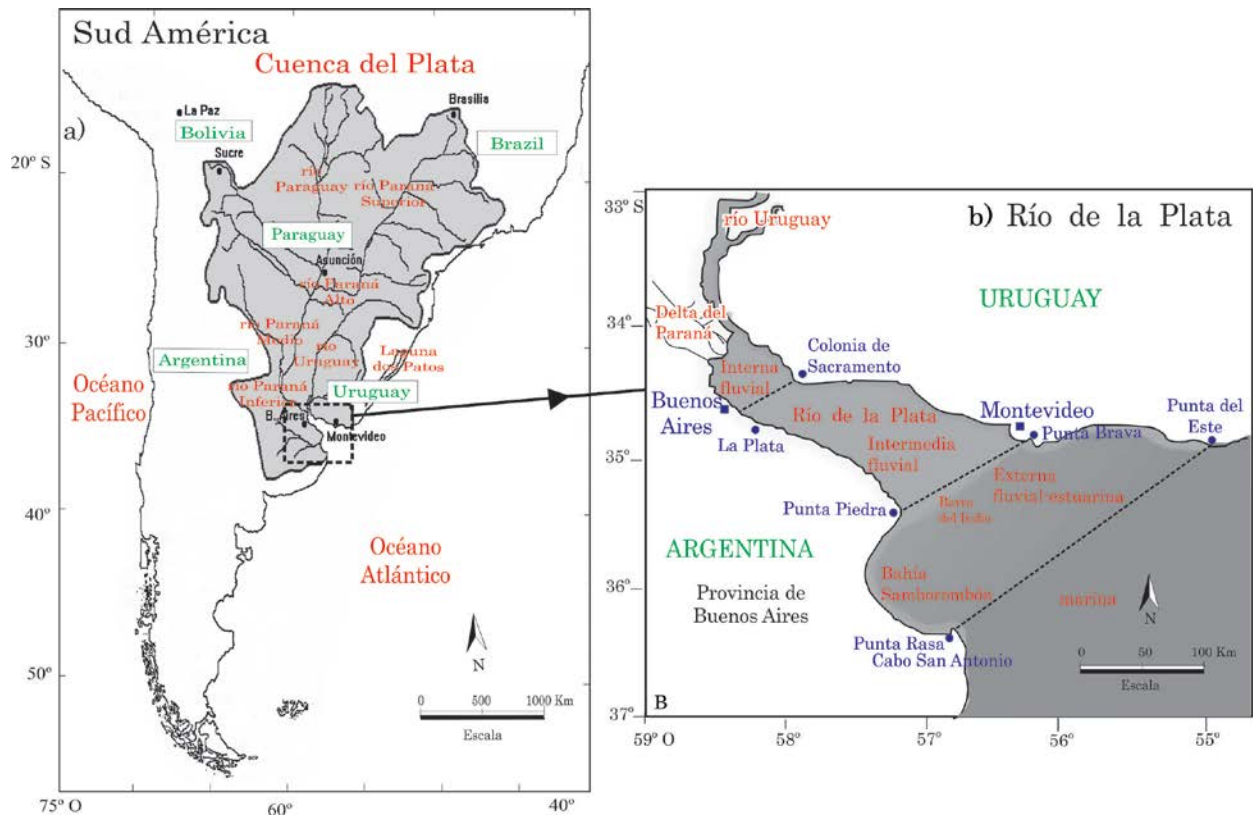
1– **Interna**: zona fluvial superior desde el Delta del Paraná hasta la línea Buenos Aires (Argentina)–Colonia (Uruguay).

2– **Intermedia**: zona fluvial de transición hasta la línea Punta Piedra (Argentina)–Punta Brava (Uruguay).

3– **Externa**: zona estuarina hasta la línea Punta Rasa (Argentina)–Punta del Este (Uruguay).

Los principales **rasgos geomorfológicos** del Río de la Plata son los bancos de arena, las cuencas erosivas y los canales (Cavalloto, 2002).

Fig. 1. Cuenca del Plata: a) río Paraguay, río Uruguay, y río Paraná con sus tramos Inferior, Medio, Alto y Superior. b) Río de la Plata con sus principales zonas: interna, intermedia y externa.



La **costa del Río de la Plata** se caracteriza por tener **playas disipativas**, poco profundas, de baja pendiente y con un gran predominio del **substrato blando** (arenas, limo y arcillas). Las extensas playas presentan una **discontinuidad** en su topografía costera debido a la presencia del **substrato duro** (bloques rocosos, piedras, muelles, etc.) de distintos tamaños, formas y texturas (Escofet *et al.*, 1979).

Las **características hidrodinámicas** del Río de la Plata son una consecuencia del aporte de afluentes y la acción de las mareas vinculadas con las corrientes marinas. En la situación de bajantes las corrientes siguen el cauce natural del río, mientras que la onda de marea oceánica, proveniente del sudeste, va sufriendo deformaciones por la disminución de la profundidad y por el empuje de las aguas del río que descargan en el mar (Acha *et al.*, 2008). Esto provoca una aceleración en la **sedimentación** que rellena paulatinamente su sector externo, mientras que en el sector interno es una zona de amplia depositación de sedimento y material en suspensión. El **material en suspensión** está formado principalmente por arcillas y

limos que provienen en su mayor parte del río Paraná, y disminuye hacia su sector externo donde aumenta la concentración salina (Nagy, 1989).

La salinidad en el Río de la Plata se caracteriza por un marcado gradiente horizontal y vertical la mayor parte del tiempo. La **salinidad horizontal** varía espacialmente en los diferentes periodos del año y depende de las descargas fluviales, las mareas y el viento (Cavalloto, 2002). Los sectores interno y medio presentan características oligohalinas de un ambiente fluvial propiamente dicho, con valores promedios de superficie de 0,2 a 5 g/L (**Nota:** estos valores se miden actualmente en psu ó ups (unidad práctica de salinidad), que es la relación de conductividad de una muestra de agua de mar con una solución estándar de KCl; el valor en psu es exactamente equivalente a gramos de sal por litro de solución). Esta zona oligohalina llega hasta la transversal de Punta Piedras–Punta Brava, y es un frente de salinidad con forma y ubicación variable, pero que se localiza sobre una barra sumergida llamada Barra del Indio. Esto divide al sistema en un río de marea interna y una zona exterior de mezcla mesohalina y polihalina; es decir, exhibe un gradiente salino desde 5 a 25 g/L en su desembocadura al mar mixoeuhalino (Bazán & Arriaga, 1993). La **estratificación vertical** está dada porque el agua estuarina–marina, más densa y más salada (salinidad de 22 a 30 g/L), penetra más profundamente a lo largo de la parte inferior, mientras que una capa de agua superior, más fresca y más delgada (salinidad < 20 g/L), avanza en superficie formando una **cuña salina** (haloclina). El tramo de aguas arriba de la cuña salina define un frente de salinidad de fondo, cuya ubicación es controlada por la batimetría (Guerrero *et al.*, 1997).

El Río de la Plata posee un **régimen micromareal** semidiurno con desigualdades diurnas, modificadas principalmente por los vientos, la profundidad y la disminución de su sección transversal. Las bajamares y pleamares de sus costas alcanzan desde centímetros hasta más de 1 m (Nagy, 1989; Guerrero *et al.*, 1997).

La elevada relación entre superficie y volumen del agua hace que el Río de la Plata sea altamente sensible al forzamiento atmosférico y esté impulsada principalmente por los **vientos**, que producen olas en $\bar{X} = 0,31$ m. Las olas más altas se forman en la zona externa y las más bajas en la zona interna del Río de la Plata (Guerrero *et al.*, 1997). Los vientos también modifican la interfase agua dulce–salada y generan un patrón de distribución de **salinidad superficial estacional**. Esta

distribución comprende dos periodos, uno se extiende desde abril a agosto (otoño–invierno) donde el drenaje continental alcanza un máximo, con $\bar{X} = 22.496 \text{ m}^3/\text{s}$; y los vientos en alta mar casi neutralizan los vientos en tierra (N, NO, O y SO); por lo tanto, se produce una salida de agua del estuario en la costa uruguaya. Esta relación entre vientos y drenaje puede provocar la Sudestada. Este es un fenómeno meteorológico importante que consiste en una rápida rotación de vientos fríos del sur al cuadrante del sudeste, que si se mantiene durante varios días interfiere con el normal desagüe del Río de la Plata, produce fuertes oleajes, mareas anormales y un aumento del nivel del agua ($> 2 \text{ m}$) sobre la costa Argentina, ocasionando inundaciones. Un segundo periodo es de octubre a febrero (primavera–verano) donde los vientos en tierra dominan tanto en frecuencia como en intensidad (NE, E, SE y S), y la descarga del río tiende a ser mínima, con $\bar{X} = 20.714 \text{ m}^3/\text{s}$. Por lo tanto, la salida de agua va desde el estuario a lo largo de la costa Argentina, condición que obligan a aguas más frescas a prolongarse hacia el sur en la costa, y por otro lado aguas de la plataforma penetran hasta Punta del Este (Uruguay), lo que limita la deriva NNE. Marzo y septiembre son meses de transición (Guerrero *et al.*, 1997; Huret *et al.*, 2005; Piedra-Cueva & Fossati, 2007; Acha *et al.*, 2008).

La **temperatura** ambiental costera muestra valores $\bar{X} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ en invierno, y $\bar{X} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ en verano; mientras que las **precipitaciones** medias anuales de la región es de 1001 mm. El clima en el Río de la Plata es subhúmedo mesotermal (Cavalloto, 2002).

El **río Paraná** nace en Brasil y luego de confluir con el río Paraguay se interna completamente en territorio argentino hasta su desembocadura en el Río de la Plata, *ca.* 4250 km de longitud. Toda su extensión presenta distintas características físicas, química y biológicas (Varela *et al.*, 1983; Bonetto *et al.*, 1985/86; Bonetto & Wais, 1990; Marchese & Ezcurra de Drago, 1992; Marchese *et al.*, 2002; Ezcurra de Drago *et al.*, 2007). Según sus **rasgos geomorfológicos** se reconocen los siguientes tramos (Bonetto, 1994; Fig. 1a):

1– **Paraná Superior**: se extiende en los estados de São Paulo, Mina Gerais y Mato Grosso do Sul (Brasil) cubriendo 15.000 km^2 a 250 msnm. Su relieve es de tipo tabular con depósitos aluviales de considerable importancia.

2– **Alto Paraná:** nace y se desliza encajonado en territorio brasileño. Aguas abajo se amplía con la disminución de sus márgenes, luego continúa ensanchándose hacia el oeste y diverge en brazos sinuosos que encierran varias islas. El lecho es irregular alternando fondos arenosos con extensos pedregales, bloques de arena basáltica y profundos saltos sobre la margen argentina. El caudal promedio es de 12.000 m³/s. Hacia el sudoeste la sección del río Paraná se reduce y la estructura basáltica se reemplaza por sedimentos de arena y arcilla. La planicie es de escaso a moderado desarrollo y está influenciada por la represa binacional Yacyretá (Argentina/Paraguay), próxima a la ciudad de Ituzaingó (prov. de Corrientes).

3– **Paraná Medio:** se inicia en la confluencia del río Paraguay y el Alto Paraná. Estas aguas no se mezclan con facilidad, desplazándose el grueso por la margen derecha e izquierda, respectivamente. Toma un rumbo de norte a sur correspondiendo a un río de llanura, con lecho de fondo movable. El caudal promedio es de 16.000 m³/s. Su margen derecha (provs. de Chaco y Santa Fe) es baja y se halla pobremente definida. Contrariamente, en la margen izquierda (prov. de Corrientes) las barrancas alcanzan notable altura y continuidad alcanzando alturas de 60 a 80 msnm.

4– **Paraná Inferior** o Bajo: las barrancas cambian de posición estableciéndose en la margen derecha (prov. de Entre Ríos), mientras que la planicie de inundación se extiende por la izquierda (provs. de Santa Fe y Buenos Aires).

5– **Delta Paranaense:** el río Paraná y el río Uruguay desembocan en un delta. Esta es un área 320 km de longitud (provs. de Buenos Aires y Entre Ríos) que se extiende hasta el Río de la Plata en un frente de aproximadamente 60 km, cubriendo una superficie de 14.000 km², donde es influenciado por las intrusiones marinas o régimen de mareas.

El clima de toda la región es subtropical a templado y abarca ambientes naturales como selvas, montes y pastizales.

2.2 LA FAUNA BENTÓNICA

El ordenamiento convencional del **Río de la Plata** en una zona interna, intermedia y externa también se ve reflejada en la ocurrencia de la **fauna bentónica**. La **zona interna**, al no estar influenciada por efectos salinos, es habitada casi

exclusivamente por **organismos de agua dulce**. Esta fauna se extiende hasta la zona intermedia, pero se reduce rápidamente hacia el límite con la **zona externa** o estuarina, que da lugar a **especies** eurihalinas o **de aguas salobres** y de origen marino (Boschi, 1988). El Río de la Plata es un área de cambio ambiental continuo, dada la alternancia de situaciones de inmersión y exposición aérea por el régimen de mareas. El desplazamiento del agua por oleaje y corriente, y la magnitud de la desecación durante las bajantes, son factores limitantes para el poblamiento de organismos costeros. De esta manera se observa un **gradiente natural** y una distribución de la fauna consecuente con la hidrodinámica del río. Los **organismos bentónicos** tienen una amplia **tolerancia** a grandes fluctuaciones de salinidad, turbidez, concentración de oxígeno, etc., ya sea estacional o anual. Las asociaciones de invertebrados bentónicos son de diferente complejidad, la cual varía en función a la cercanía de la costa, la acumulación de materia orgánica y hábitos alimentarios, el tipo de movilidad, el grado de tolerancia a los cambios físicos y químicos, la granulometría del sedimento, la preferencia por el sustrato, etc.

Las investigaciones acerca de las comunidades y organismos bentónicos en el Río de la Plata son relativamente limitadas y fragmentadas si se tiene en cuenta la extensión e importancia de sus costas. Los trabajos son en su mayoría reportes sistemáticos–descriptivos (e.g. Lopretto & Tell, 1995; Morrone & Coscarón, 1998; Fernández & Domínguez, 2001), y revisiones generales sobre grupos taxonómicos específicos, e.g. Foraminifera (Boltovskoy & Lena, 1974), Polychaeta (Orensanz & Estevarez, 1971), Hirudinea (Ringuelet, 1985), Oligochaeta (Armendáriz *et al.*, 2011), Mollusca (Bonetto *et al.*, 1990, Castellanos & Landoni, 1990; Darrigran, 1994; Rumi *et al.*, 1996; Rumi *et al.*, 2006; Gutiérrez Gregoric *et al.*, 2006; Rumi *et al.* 2008; César *et al.*, 2012), Tardigrada (Rossi & Claps, 1991), Hydrachnidia (Rosso de Ferradas, 2001), Ostracoda (Martens & Behen, 1994), Cirripedia (Spivak & L'Hoste, 1976), Cumacea (Roccatagliata, 1981), Tanaidacea e Isopoda (Taberner, 1982; 1983 y 1988a,b), Collembola (Rapoport, 1959; Rapoport, 1962; Rapoport & Cuttini de Izarra, 1962), etc. Los trabajos realizados sobre ecología de comunidades bentónicas del Río de la Plata tratan en su mayoría sobre la fauna del sustrato blando y las características del ambiente (e.g. Boschi, 1988; y 1997; Rodríguez Capítulo *et al.*, 1998; Wells & Daborn, 1998; César *et al.*, 2000; Giberto *et al.*, 2004; Cortelezzi *et al.*, 2007; entre otros).

El **río Paraná**, al igual que el Río de la Plata, presenta comunidades de invertebrados bentónicos con una **dinámica muy compleja**. Desde el punto de vista limnológico se han realizado trabajos sobre las principales características hidrológicas y bentónicas del Alto Paraná, Medio e Inferior. Así lo demuestran los trabajos de [Varela et al. \(1983\)](#), [Bonetto et al. \(1985/86\)](#), [Marchese & Ezcurra de Drago \(1992\)](#), [Peso & Bechara \(1999\)](#), [Marchese et al. \(2002\)](#), [Zilli et al. \(2008\)](#), entre otros.

La dinámica de comunidades de invertebrados bentónicos asociada al substrato duro en la Cuenca del Plata ha sido aún menos estudiada que el substrato blando y la información igualmente está localizada y fraccionada ([Matya & Scarabino, 1979](#); [Martín & Darrigran, 1994](#); [Scarabino & Verde, 1995](#); [Darrigran et al., 1998](#)).

Para la Cuenca del Plata, a través de la vía de ingreso por el Río de la Plata, se hace mención de la **introducción accidental de invertebrados bentónicos**, como por ejemplo los moluscos Bivalvia originarios de ríos y arroyos asiáticos: las almejas de agua dulce o *Corbicula fluminea* (Muller 1774) y *Corbicula largillierti* (Philippi 1844), ambas de hábitos infaunales e introducidas en la década del 1960 ó 1970 ([Ituarte, 1981](#)); y el Mytilidae *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) o **mejillón dorado**, de hábito epifaunal bisado e introducido en 1991 ([Pastorino et al., 1993](#)).

Para autores como [Carlton \(1996\)](#), [Lever \(1994\)](#), [Cronk & Fuller \(2001\)](#) y [Rapoport \(2000\)](#) estos casos de invasiones biológicas provocan **impactos naturales** con efectos irreversibles y con dificultades para su control. Asimismo pueden producir la reducción de la distribución de las poblaciones naturales en las áreas geográficas, el desplazamiento de la fauna nativa, la usurpación de nichos ecológicos, hábitat o recursos (e.g. alimento, refugio, territorio) utilizados por especies autóctonas, la extinción de poblaciones naturales locales debido a la competencia por los recursos (exclusión competitiva), la alteración de las interacciones en las redes tróficas (predación), la tendencia al cosmopolitismo que perjudica a la estructura biogeográfica original de las comunidades, la pérdida o empobrecimiento de biodiversidad debido al reemplazo de sistemas multiespecíficos por pocas especies dominantes (invasoras), la uniformidad de la fauna regional, una desvalorización de las especies autóctonas y una pérdida de identidad natural.

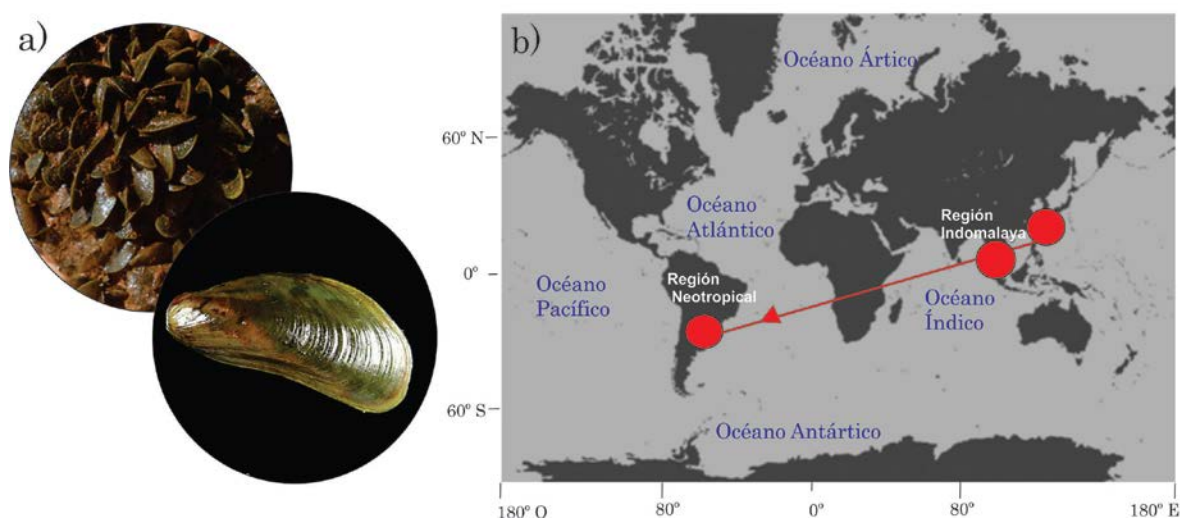
2.2.1 El caso de la especie invasora *Limnoperna fortunei* o mejillón dorado

En mejillón dorado (Fig. 2a) es una especie dioica de reproducción continua, con picos mensuales principales de desove, fertilización externa y desarrollo indirecto con estadios larvales libres planctónicos: estadio 1.º (lava trocófora o larva D), estadio 2.º (larva veliger) y estadio 3.º (post-veliger). La especie en los estados juvenil y adulta es epifaunal bisada, y se adhiere a algún sustrato duro natural o artificial. Posee valvas aproximadamente iguales en forma y tamaño, con dos músculos aductores de tamaño desigual (heteromiaria). El tamaño máximo es un poco más de 30 mm y tiene una longevidad de más de 24 meses (Morton, 1973; Morton, 1982; Cataldo & Boltovskoy, 2000). Esta especie es **originaria de China y del sudeste asiático** (Laos, Camboya, Vietnam, Indonesia y Tailandia). Ha sido accidentalmente introducido en Korea, Hong Kong, Japón y Taiwán en los últimos 30 años (Ricciardi, 1998). El **primer registro de *L. fortunei* en América del Sur** fue a principios de la década de 1990 en la costa argentina del Río de la Plata, en su zona intermedia; más precisamente en la **Playa Bagliardi**. Su introducción accidental fue debido al comercio con barcos transoceánicos asiáticos, que transportaban en el agua de lastre las larvas de este Mytilidae (Pastorino *et al.*, 1993; Darrigran & Pastorino, 1995). Esto permitió posteriormente su dispersión sin control en ambientes naturales, seminaturales y humanos, adaptándose a su nuevo hábitat debido a las condiciones ambientales favorables y a los factores biológicos intrínsecos de la especie, *i.e.* una alta capacidad adaptativa, rápida dispersión, gran poder de colonización y utilización del espacio, reclutamiento continuo, alto potencial reproductivo con una extensa época de desove, elevada tasa de crecimiento, eficiente toma de alimento, y ausencia de enemigos naturales que actúen como controladores biológico o reguladores de su densidad (Boltovskoy *et al.*, 2006). El mejillón dorado se ha expandido y convertido en una especie invasora por acción natural y antrópica, desde zonas mixohalinas de clima templado como las del Río de la Plata, hasta las dulceacuícolas subtropicales y tropicales del río Paraná (Inferior, Medio, Alto y Superior), río Paraguay y humedales de Bolivia, y río Uruguay; *i.e.*, en casi toda la Cuenca del Plata (Boltovskoy *et al.*, 2006). También se describe su presencia para la Laguna de los Patos, Brasil (Dreher Mansur *et al.*, 2003). Debido a la alta salinidad en la desembocadura del Río de la Plata, el **límite**

sur de su asentamiento estaría entre **Punta Indio** y Punta Piedras. La distribución actual de *L. fortunei* incluye entonces a la Región Biogeográfica Paleártica, Oriental y Neotropical (Morton, 1973; Nakai, 1995; Fig. 2b).

La presencia de **superficies rocosas** libres de organismos (nichos vacantes) de la costa rioplatense y paranaense han sido **ocupadas** parcial o totalmente **por** *L. fortunei*. Hecho favorecido por la ausencia, hasta su introducción, de bivalvos epifaunales bisados sobre substrato duro en la Cuenca del Plata. Esto permitió al mejillón dorado formar asentamientos en conglomerados de individuos autosustentables, brindando un **nuevo** paisaje o **microhábitat** de tipo biológico (Darrigran & Ezcurra de Drago 2000; Orensanz *et al.*, 2002). Una vez alcanzada la etapa de estabilización aparente del Mytilidae, las técnicas del manejo y control se tornaron difíciles de aplicar con eficacia. Posteriormente, se pudieron registrar curvas de **impactos** que tienden a ser exponenciales, ya que producen disturbios o cambios significativos en términos de composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Mientras que en ambientes humanos de la Cuenca del Plata los conglomerados de mejillones ocasionaron bloqueos de cañerías y oclusión de filtros en industrias, plantas purificadoras de agua y centrales hidroeléctricas; fenómeno denominado “macrofouling”, con pérdidas de millones de pesos (Darrigran, 1997).

Fig. 2. a) *Limnoperna fortunei*. b) Distribución mundial (América del Sur y Sudeste Asiático).



En los ambientes marinos, la ecología de mejillones sobre el sustrato duro ha sido muy estudiada. La organización y disposición espacial de las agregaciones ofrece un aspecto particular a la costa en forma de parches, altera las características texturales y erodabilidad de los sedimentos, da una uniformidad a la fisonomía del paisaje y cambia la estructura de la comunidad nativa bentónica (Paine & Levin, 1981; Gosselin & Chia, 1995). El **sustrato duro cubierto de mejillones** es colonizado parcial o totalmente por numerosas especies de invertebrados; **proporciona** un **refugio** para algunos grupos de organismos como también una **fuentes de alimento** para otros, que a su vez son presas de terceros; sumándose a esto el fenómeno de la **biodepositación**. Se crea entonces una compleja dinámica de asociaciones de invertebrados bentónicos con un proceso de sucesión ecológica, donde los organismos han podido fijarse gracias al desarrollo de una variedad de adaptaciones (Rhoads & Boyer, 1982; Seed, 1996).

HIPÓTESIS

Y

OBJETIVOS

Capítulo 3 El por qué y el para qué

“El andamio no es el edificio”

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

3.1 HIPÓTESIS

- La modificación del tipo de sustrato duro o blando incide en la composición y estructura de la comunidad de invertebrados asociados.
- La asociación de invertebrados bentónicos sobre sustratos duros presenta menos riqueza y diversidad que la que se asienta sobre sustratos blandos.
- Los sustratos duros y blandos sostienen comunidades de macroinvertebrados bentónicos que difieren en sus atributos funcionales.

3.2 OBJETIVOS

- Analizar el ensamble de invertebrados bentónicos sobre sustratos duros y blandos en cuanto a su dinámica espacial y temporal en la Cuenca del Plata.
- Comparar la composición de especies de invertebrados presente en sustratos duros y blandos de las distintas zonas de muestreos de la Cuenca del Plata.
- Evaluar la importancia relativa de los atributos físicos y biológicos de los distintos sustratos sobre la estructura de la comunidad bentónica.
- Clasificar a la comunidad de invertebrados en relación con los grupos funcionales alimentarios y el tipo de sustratos utilizados.

METODOLOGÍA

Capítulo 4 Materiales y Métodos Empleados

“Todo camino puede andar, todo puede andar...”

PLAN DE TRABAJO

4.1 ÁREA DE ESTUDIO Y SITIOS DE MUESTREO

Para el estudio de la composición y estructura del ensamble de invertebrados bentónicos de **substrato duro** y **blando** del litoral de la Cuenca del Plata, se llevaron a cabo **muestreos mensuales** desde abril de **2002 a** marzo de **2004**, en **dos sitios** de la **zona intermedia** del **Río de la Plata**. Se consideró desde abril de 2002 a marzo de 2003 como el 1.º año de muestreo, y desde abril de 2003 a marzo de 2004 como el 2.º año de muestreo. Los dos sitios que se escogieron en el Río de la Plata ([Fig. 3](#)) fueron:

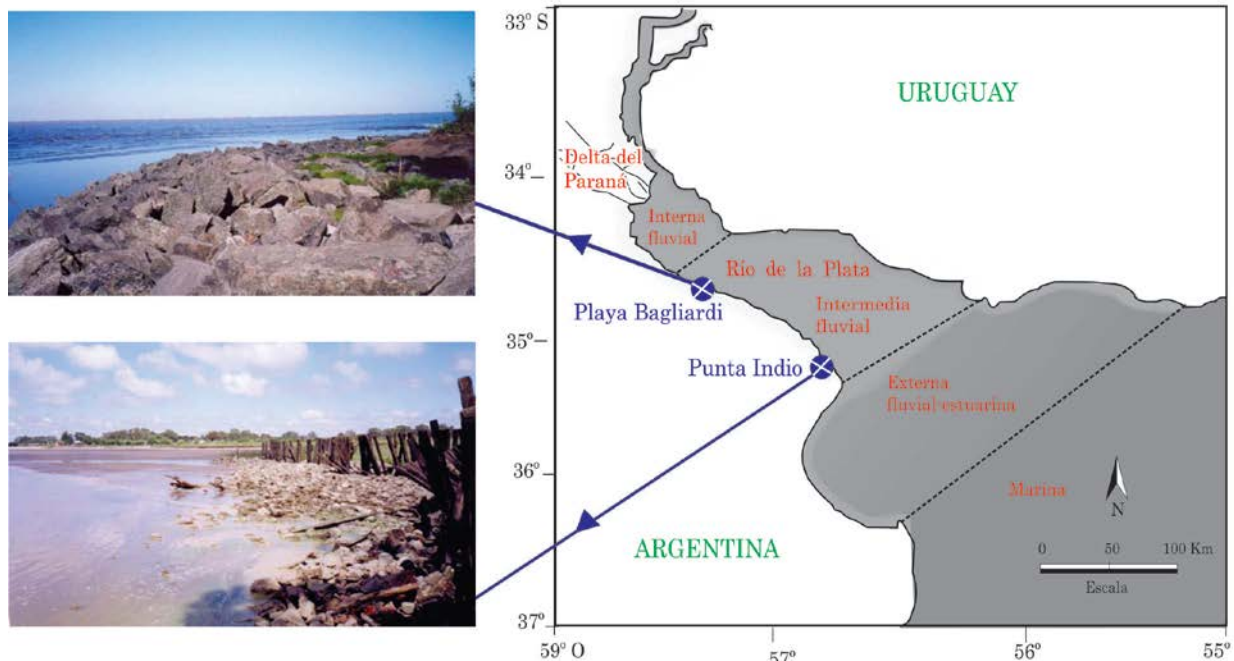
1– **Punta Indio** (prov. de Buenos Aires; 35° 16' S, 57° 13' O): sitio próximo al límite sur de la zona fluvial intermedia del Río de la Plata y de la distribución de *L. fortunei*.

2– **Playa Bagliardi** (prov. de Buenos Aires; 34° 55' S, 57° 47' O): sitio próximo al límite norte de la zona fluvial intermedia del Río de la Plata y donde se detectó por vez primera la presencia de *L. fortunei*.

El **substrato duro** relevado en ambos sitios se caracteriza por ser **rocas** de granito compacto, estables, de superficies irregulares y tamaños similares (*ca.* 18.000 cm³), cubiertos por *L. fortunei*, directamente influenciadas por el sol (insolación) durante la marea baja, y expuesta a la acción mecánica de las olas en marea alta. Las plataformas rocosas elegidas en los dos sitios son de *ca.* 81 m² y están dentro de los primeros metros de la llanura litoral. Las rocas en Punta Indio se encuentran dispersas con suave pendiente; mientras que en Playa Bagliardi están más apiladas. La ausencia o escasez de substrato duro natural en el Río de la Plata no permitía el desarrollo de organismos epifaunales hasta que el ser humano comenzó a cambiar la línea de costa utilizando rocas, piedras y muelles. Esto actúa como defensa costera para evitar las inundaciones bajo condiciones extraordinarias de marea y viento. La plataforma rocosa de ambos sitios está rodeada por extensas

playas o **substrato blando**, de suave **arena y limo** en Playa Bagliardi, y de **barro y arcilla limosa** en Punta Indio.

Fig. 3. Sitios de muestreo en la zona intermedia del Río de la Plata: Punta Indio y Playa Bagliardi. (Fotografías: F. Spaccesi; tomadas en marea baja, primavera de 2003).



La **toma de material** estuvo sujeta no sólo a las buenas condiciones climáticas, sino también al **periodo de bajamar** del régimen de mareas diurnas (mareas de sicigia), característico del Río de la Plata. Antes de cada campaña, la información de tabla de marea para el Puerto La Plata y Punta Indio (Torre Oyarvide) fue solicitada al Servicio de Hidrografía Naval (SHN) de la Armada Argentina. En el periodo muestreado, el intermareal del Río de la Plata estuvo definido para Playa Bagliardi por una bajamar inferior diaria (LLW) = 0,13 m; una bajamar media (MLW) = 0,52 m; un nivel de la marea media (MTL) = 0,79 m; una pleamar media (MHW) = 1,04 m; una pleamar superior diaria (HHW) = 1,5 m; una amplitud media de marea (MRT) = 0,52 m; y una amplitud máxima = 1,19 m. Mientras que en Punta Indio los valores intermareales fueron LLW = 0,13 m; MLW = 0,48 m; MTL = 0,85 m; MHW = 1,16 m; HHW = 1,63 m; MRT = 0,68 m; y la amplitud máxima = 1,33 m (SHN, 2001; <http://www.hidro.gov.ar/>). El litoral del Río de la Plata no sigue la zonificación clásica que se encuentra comúnmente en otros ecosistemas de estuarios y marinos rocosos, debido a la pendiente extremadamente

baja (Stephenson & Stephenson, 1949). En ocasiones de marea baja extrema, la llanura litoral puede quedar con más de 200 m de playa expuesta.

También se realizaron **muestreos** sobre **substrato duro**, ocupado por *L. fortunei*, y **substrato blando** en **tres sitios** del río Paraná:

3– **San Nicolás de los Arroyos** (prov. de Buenos Aires; 33° 20' S, 60° 13' O): en la costa del Club de Pescadores. Sitio correspondiente al cauce principal del **Paraná Inferior** (Fig. 4a).

4– **Santo Tomé** (prov. de Santa Fe; 31° 40' S, 60° 42' O): próximo al puente y puerto de la misma ciudad. Sitio correspondiente al cauce principal del **Paraná Medio** (Fig. 4b).

5– **Ituzaingó** (prov. de Corrientes; 27° 33' S, 56° 43' O): en el balneario Garapé del camping Gauchito Gil. Sitio correspondiente al cauce principal del **Alto Paraná** (Fig. 4c).

Fig. 4. Sitios de muestreo en el río Paraná. **a)** San Nicolás de los Arroyos (Paraná Inferior). **b)** Santo Tomé/Santa Fe (Paraná Medio). **c)** Ituzaingó/Garapé (Alto Paraná). (Fotografías: F. Spaccesi; tomadas en el verano de 2003).



En los tres sitios del río Paraná se realizaron **solamente dos muestreos de verano (febrero de 2003 y febrero de 2004)**. Esto se debió a que es la estación del año que experimenta las mayores bajantes del nivel de agua, condicionadas por el caudal proveniente del Alto Paraná y Superior (Brasil). El nivel hidrométrico del río Paraná en todo un año presenta oscilaciones marcadas que van de pocos centímetros hasta más de 10 m de altura, según el tramo del río (Bonetto, 1994). Estas características, junto con la velocidad de corriente, hacen que el substrato duro no sea sencillo de hallar como en el Río de la Plata; encontrándose a *L. fortunei* en lugares particulares e inestables, como por ejemplo troncos flotantes, plantas acuáticas arraigadas y flotantes, rocas y árboles sumergidos. Si bien la dinámica del río Paraná y su topografía litoral presenta notables diferencias con respecto a las del Río de la Plata, se realizó en cada sitio el mismo diseño de muestreo para la comunidad bentónica sobre substrato duro y blando, pero con cambios operativos y metodológicos según el ambiente relevado, y que se detallan a continuación.

4.2 TAREAS DE CAMPO: TOMA DE MUESTRAS

En general, los muestreos de campo en el Río de la Plata se realizaron entre las 10.00 y 12.00 h en Punta Indio, y entre las 14.00 y 16.00 h en Playa Bagliardi; en el mismo día y siguiendo el curso de la bajamar de sur a norte. Es decir, las muestras fueron tomadas en condiciones equivalentes de marea baja. Las **fechas de los muestreos** fueron las siguientes: 30/04/2002; –/05/2002 (sin datos); 17/06/2002; 13/07/2002; 31/08/2002; 30/09/2002; 31/10/2002; 29/11/2002; 30/12/2002; 31/01/2003; 28/02/2003; 28/03/2003; 30/04/2003; –/05/2003 (sin datos); 20/06/2003; 31/07/2003; 30/08/2003; 30/09/2003; 31/10/2003; 30/11/2003; 27/12/2003; 27/01/2004; 29/02/2004 y 31/03/2004.

Los muestreos de campo en el río Paraná se realizaron en horas de la mañana o de la tarde. Las fechas de los muestreos fueron las siguientes: San Nicolás de los Arroyos: 08/02/2003 y 09/02/2004; Santo Tomé: 18/02/2003 y 25/02/2004 e Ituzaingó: 23/02/2003 y 15/02/2004.

4.2.1 Variables ambientales

En todos los muestreos realizados se utilizó una planilla de campo donde se anotaron fecha y hora de muestreo, tipo de muestras y cantidad, observaciones, estado del tiempo, y las siguientes variables físicas y químicas del agua medidas *in situ* con dispositivos portátiles: **pH** con peachímetro Hanna, **temperatura** (T) en °C con termómetro digital, **conductividad** (Cond) en $\mu\text{S}/\text{cm}$ con conductímetro Corning, **total de sólidos disueltos** (TDS) en mg/L con Corning, **oxígeno disuelto** (OD) en mg/L con oxímetro Crison Oxi 330, y **saturación de oxígeno** (SO) en % con oxímetro Crison Oxi 330.

4.2.2 Diseño de muestreo para el substrato duro

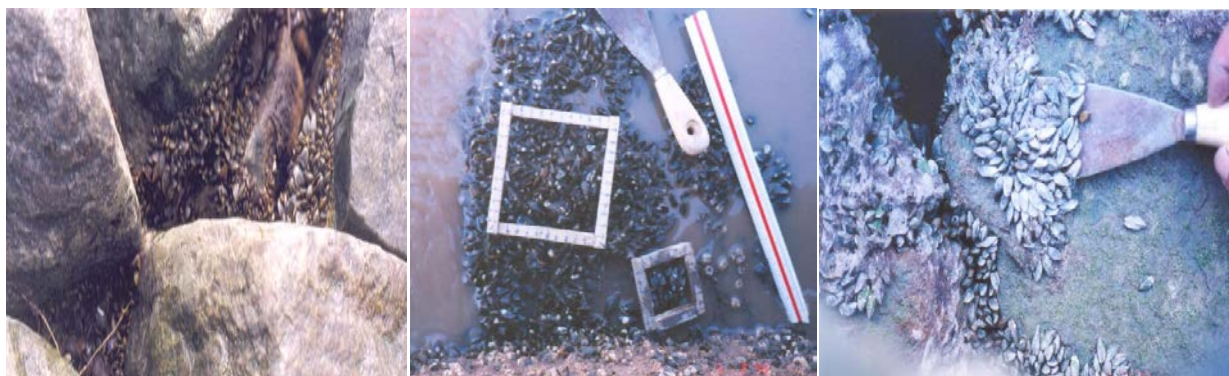
El **substrato duro** relevado en Punta Indio y Playa Bagliardi fueron rocas de granito. Debido a la imposibilidad de trasladar al laboratorio estas rocas o porciones de substrato duro cubiertos de mejillones, se extrajeron **5 unidades muestrales** al azar, en dirección paralela y/o perpendicular a la línea de costa, en cada sitio y por mes. Se utilizó un **muestreador** de marco de madera **cuadrado** de **25 cm²** (5 cm x 5 cm), según el criterio del área mínima (Mateucci & Colma, 1982; ver más abajo 4.2.4 El muestreo preliminar). Cada muestra estuvo representada con la misma probabilidad de ocurrencia de los taxa. Se trabajó en una cobertura del 100 % del Mytilidae *L. fortunei* en cada unidad muestral. La **extracción** del material se realizó **con una espátula**, debido a la disposición incrustante de los mejillones sobre las superficies duras (Fig. 5). Por último, cada unidad muestral fue colocada en sobres plásticos debidamente rotulados, fijados con alcohol 70° y llevadas al laboratorio para su procesamiento en el mismo día de recolección.

Para tomar las muestras de substrato duro se consideró un límite máximo de bajar de aproximadamente 0,45 m de altura sobre el plano de reducción, debido a que las plataformas rocosas se encuentran entre la MLW. Por encima de ese valor la toma del material se hace difícil, ya que el substrato duro es cubierto por agua del Río de la Plata al subir la marea.

Las agregaciones de mejillones son monoespecíficas en ambos sitios. No se encuentran plantas acuáticas macroscópicas entre o por encima de las rocas, como tampoco existen otros organismos sésiles, a excepción del Crustacea marino-estuarino *Balanus improvisus* (Darwin 1854) en Punta Indio. Este balano vive

adherido sobre las rocas o al mejillón dorado, siendo Punta Indio una zona límite de su distribución norte en la costa Argentina.

Fig. 5. Muestreador cuadrícula y espátula de recolección para sustrato duro. (Fotografías: F. Spaccesi; tomadas en Playa Bagliardi y Punta Indio en 2003).

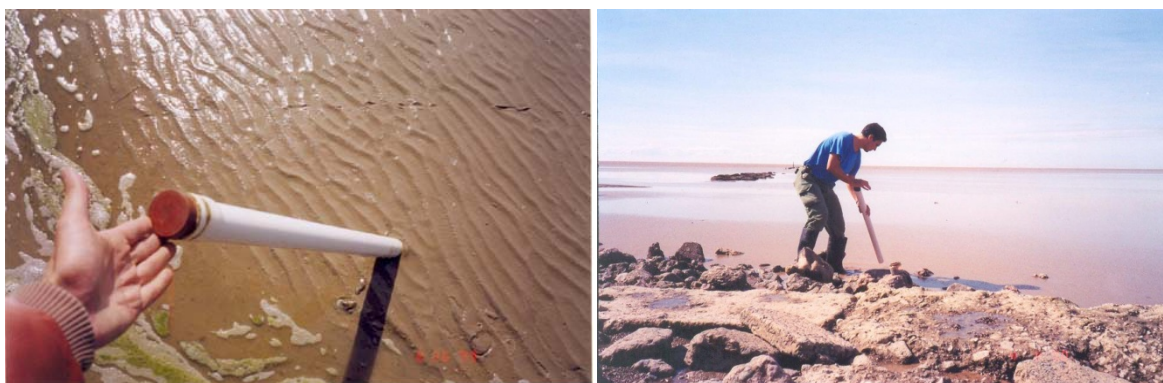


Se aplicó la **misma metodología para el sustrato duro en el río Paraná**; es decir, en cada sitio se recolectaron 5 unidades muestrales al azar con un marco de 25 cm² que se extrajeron con espátula, y fueron procesadas por separado. En **San Nicolás de los Arroyos** se muestreó sobre un **muelle de madera** y **rocas**. En **Santo Tomé** sobre una **boya** de marcación para la navegación y sobre el casco de un **barco** encallado. En **Ituzaingó** sobre **rocas, troncos y árboles** parcialmente sumergidos y sobre un **muelle de acero**.

4.2.3 Diseño de muestreo para el sustrato blando

Las muestras de sustrato blando se tomaron con un **muestreador tipo Corer** (tubo de PVC o policloruro de vinilo) de 5,5 cm de diámetro y 24 cm² de superficie (**Fig. 6**) en **Punta Indio** y **Playa Bagliardi**, **San Nicolás de los Arroyos** e **Ituzaingó**. Se recolectaron **5 unidades muestrales** en cada sitio en forma aleatoria, en dirección paralela y perpendicular a la línea de costa. Por último, cada unidad muestral fue colocada en frascos plásticos, debidamente rotulados, fijadas con formol (formaldehído) al 3 % (v/v) y llevadas al laboratorio para su procesamiento. A causa del litoral profundo en **Santo Tomé**, se tomaron 3 muestras con una **draga** tipo **Tamura** de 319 cm².

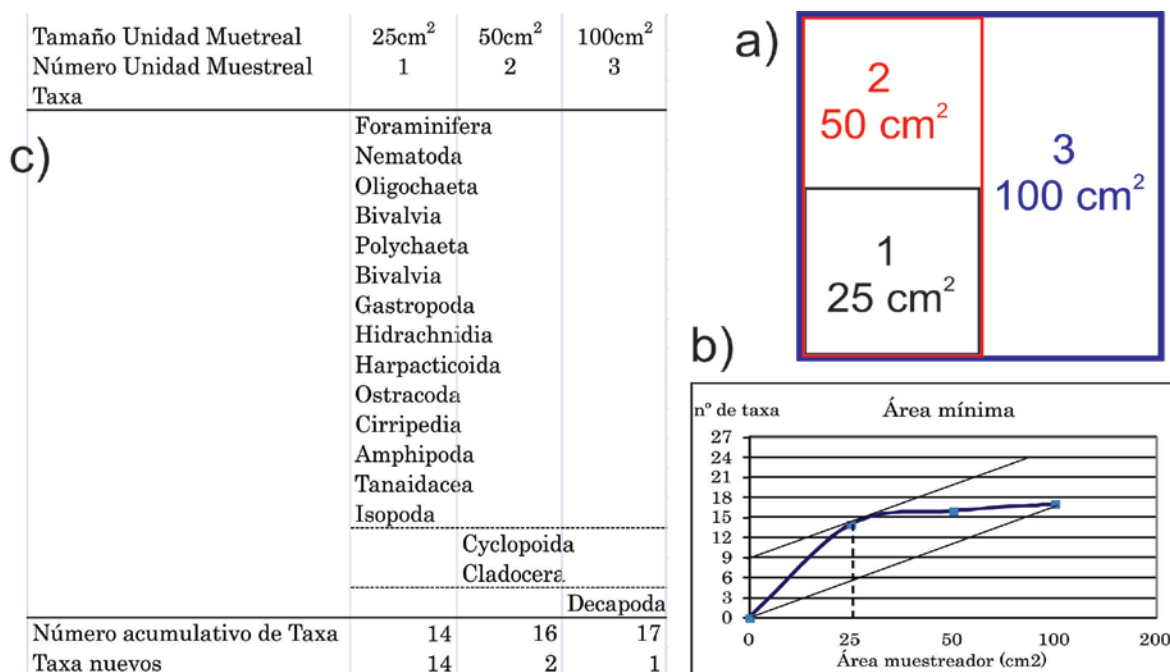
Fig. 6. Muestreador tipo Corer para sustrato blando. (Fotografías: F. Spaccesi; tomadas en Punta Indio en 2003).



4.2.4 El muestreo preliminar

Para obtener unidades muestrales representativas (tamaño, forma y cantidad de muestras) de la comunidad bentónica del sustrato duro y blando, se tuvo en cuenta el **criterio de área mínima** realizándose un muestreo preliminar (ver Cain, 1938; Mateucci & Colma 1982; Margalef, 1991). Como resultado de esto, y desde un punto de vista operacional, el área mínima muestral de la comunidad se estimó en alrededor de 25 cm². Esta era la superficie que contenía, en promedio, más del 80 % del número total de taxa presentes de la comunidad (Fig. 7).

Fig. 7. a) Método de toma de muestras en cuadrantes para hallar el área mínima. b) Punto de inflexión y área mínima. c) Tabla de datos para la estimación de área mínima, ejemplo en el sustrato duro de Punta Indio, febrero de 2002.



Se llegó a la conclusión que: a) las **pequeñas unidades muestrales** fueron más eficientes que las grandes, debido a la disposición contagiosa de la comunidad y al tamaño pequeño de los taxa, comparado con el bentos marino rocoso; b) las **formas redondas** (muestreador Corer para el sustrato blando) y **cuadradas** (cuadrícula de madera para el sustrato duro) permitieron una mejor comparación al momento del análisis de la información (**Nota:** Por motivos operacionales y de dinámica del río Paraná en el sitio Medio, no se pudieron tomar muestras con Corer. En su lugar se optó por la utilización de la draga Tamura anteriormente mencionada, y bien empleada en este tramo del río Paraná por [Marchese et al. \(2014\)](#); y c) un mínimo de 3 a 5 muestras fueron la **cantidad** suficientes para comparar la variable frecuencia de individuos de cada taxa (**Nota:** las técnicas de muestreo para el sustrato duro estuvieron basadas en una variedad de metodologías empleadas en trabajos internacionales sobre las comunidades de invertebrados bentónicos del litoral rocoso, de ambientes marinos y de estuarios (ver [Curini Galleti & Galleni, 1984](#); [Horvath et al., 1999](#); [Ricciardi et al., 1997](#); [Tsushiya & Bellan-Santini, 1989](#); [Tsuchiya & Retiere, 1992](#); [Wisenden & Bailey, 1995](#)), ya que los trabajos en el Río de la Plata y río Paraná sobre el sustrato duro de agua dulce eran escasos y hasta algunas metodologías discutibles).

4.3 TAREAS DE LABORATORIO: PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Conforme a las tareas de campo, detalladas anteriormente para el Río de la Plata, se recolectaron cinco muestras por tipo de sustrato, por sitio y por mes, durante 22 meses de muestreos, entre abril de 2002 y marzo de 2004; con excepción de mayo de 2002 y mayo de 2003 en las que no se pudo tomar material debido a las condiciones climáticas adversas en el Río de la Plata. Es decir, se procesaron un total de $n = 110$ unidades muestrales en el sustrato duro, y $n = 110$ en el sustrato blando procedentes de Punta Indio; y un total de $n = 110$ unidades muestrales en el sustrato duro, y $n = 110$ en el sustrato blando procedente de Playa Bagliardi.

Mientras que para el río Paraná se recolectaron de tres a cinco muestras por sustrato, por sitio, y únicamente en el mes de febrero (verano) de dos años consecutivos (2002 y 2003). Es decir, se procesaron un total de $n = 10$ unidades muestrales en el sustrato duro, y $n = 10$ en el sustrato blando procedente de San Nicolás de los Arroyos; un total de $n = 10$ en el sustrato duro, y $n = 6$ en sustrato

blando procedente de Santo Tomé, y un total de $n = 10$ en el substrato duro, y $n = 10$ en substrato blando procedente de Ituzaingó.

4.3.1 Tratamiento de las muestras para el substrato duro

1– La unidad muestral fue lavada con agua corriente sobre un **tamiz de 60 μm** de apertura de malla. Se separaron los individuos de *L. fortunei* > 1 mm del resto de la muestra (sedimentos + invertebrados bentónicos acompañantes) manualmente y con auxilio de pinzas tipo disección. Estos individuos fueron contados y sumados a la cantidad de individuos < 1 mm (estadios avanzados de larvas y juveniles pre-reproductivos) que quedaron atrapados en el tamiz con la fauna acompañante, pudiéndose detectar en la observación con lupa binocular (ver más abajo).

2– El resto de la unidad muestral retenida en el tamiz (sedimentos + invertebrados bentónicos acompañantes) se la llevó a 60 ml de agua. Se la tiñó con eritrosina B y se la fijó con formol (formaldehído) al 3 % (v/v). Luego de 48 h el material quedó preparado para su observación.

3– Se **observaron, analizaron, identificaron y contaron a los invertebrados bentónicos** de substrato duro mediante la utilización de una **lupa binocular** (Olympus SMZ–10). Las muestras se observaron en su totalidad o se las fraccionó en submuestras con el siguiente procedimiento: se tomaron 7 alícuotas representativas de 3 ml cada una, previa homogeneización de la misma con un agitador. Luego se obtuvo el promedio (\bar{x}) de individuos encontrados en todas las alícuotas y se lo llevó, por regla de tres simple, a 60 ml (= 100 %) que equivale a 25 cm^2 (5 x 5 cm) de área muestral tomada.

4– Para la determinación de algunos los grupos taxonómicos se utilizó el microscopio óptico de contraste de fases (Olympus BHC), colocándose los organismos en una cámara del Sedgwick–Rafter, o bien se empleó el montaje por aplastamiento del material en el portaobjeto con el cubreobjeto, con una gota de agua y sin retención de aire; también se utilizó el alcohol glicerina para la humectación.

5– Se tomaron imágenes de los grupos faunísticos con cámara fotográfica (Olympus Lens) bajo la lupa binocular.

6– Se determinaron los principales grupos funcionales alimentarios (GFA).

7– El material identificado quedó preservado en alcohol 70 % (v/v).

4.3.2 Tratamientos de las muestras para el substrato blando

1– Se lavó el sedimento con agua corriente sobre una batería de **tamices** de **250 μ m** y **60 μ m** de apertura de mallas.

2– La muestra restante (sedimentos + invertebrados bentónicos) se tiñó con eritrosina B y se fijó con formol (formaldehído) al 3 % (v/v). Luego de 48 h el material estuvo preparado para su observación.

3– Se observaron, analizaron, identificaron y contaron a los organismos de **invertebrados** bentónicos mediante la utilización de **lupa binocular** (Olympus SMZ–10). Las muestras se observaron en su totalidad o en un 50 %, estimándose el total por regla de tres simple.

4– Para la determinación de algunos de los grupos taxonómicos se utilizó el microscopio óptico de contraste de fases (Olympus BHC), colocándose los organismos en una cámara del Sedgwick–Rafter, o bien se empleó el montaje por aplastamiento del material en el portaobjeto con el cubreobjeto, con una gota de agua y sin retención de aire; también se utilizó el alcohol glicerina para la humectación.

5– Se tomaron imágenes de los grupos faunísticos con cámara fotográfica (Olympus Lens) bajo la lupa binocular.

6– Se determinaron los principales grupos funcionales alimentarios (GFA).

7– El material identificado quedó preservado en alcohol 70 % (v/v).

Se trabajó con el **bentos** (> 60 μ m) para el substrato duro como el substrato blando. La identificación de los invertebrados se realizó hasta el menor grupo taxonómico posible, *i.e.* se trabajó a nivel especie, género, familia, orden, clase o phylum. Para la determinación de los taxa y la asignación de los principales grupos funcionales alimentarios (GFA) se consultaron claves dicotómicas y bibliografía específica (Lopretto & Tell, 1995; Merrit & Cummins, 1996; César *et al.*, 2000; Fernández & Dominguez, 2001; Zilli *et al.*, 2008, entre otros). Algunos de los invertebrados bentónicos fotografiados bajo lupa binocular se presentan en la sección **ANEXO**.

4.4 TAREAS DE GABINETE: ANÁLISIS DE LA COMUNIDAD BENTÓNICA

Se elaboró una **matriz básica de datos para las variables biológicas** (taxa). Los datos de las muestras tomadas del substrato duro y blando fueron promediados por separado, para cada mes y por sitio de muestreo. Esta matriz biológica es una matriz de fila (fecha de muestreos) por columnas (atributos o taxa). Se analizaron aspectos ecológicos cualitativos y cuantitativos de la composición y estructura de los invertebrados bentónicos, a través de las siguientes variables biológicas discretas, analíticas y sintéticas (Mateucci & Colma, 1982) que se detallan a continuación.

4.4.1 Variables biológicas

1– **Presencia/ausencia (X)**: probabilidad de encontrar o no un taxa dado en una muestra. Se aplicó para los taxa que no se cuantificaron, por ejemplo los organismos modulares como los Cnidarios, expresando su ocurrencia con una X.

2– **Frecuencia (Fr)** de ocurrencia: probabilidad de encontrar a uno o más individuos (mi) en relación con el n° total de unidades muestrales (M).

$$Fr = (mi/M) \cdot 100$$

Está expresado en porcentaje de ocurrencia (%). Para los muestreos en el Río de la Plata los taxa fueron clasificados según el siguiente criterio (Spaccesi & Rodrigues Capítulo, 2012): **constantes** (90–100 %, *i.e.* presentes en 10–12 meses de 1 año muestreado), **muy común** (70–89 %, *i.e.* presentes en 8–9 meses), **común** (50–69 %, *i.e.* presentes en 6–7 meses), **raro** (30–49 %, *i.e.* presentes en 4–5 meses), **muy raro** (1–29 %, *i.e.* presentes en 1–3 meses), y **ausentes** (0 %, *i.e.* ningún mes).

3– **Densidad (N) o abundancia absoluta**: número de individuos (n) de un taxa por unidad de superficie o área (A). La información promediada de las muestras por sitio, de cada muestreo, fue expresada en **ind./m²**.

4– **Dominancia (D) en abundancia**: aquella categoría faunística más notable o predominante en la comunidad, *e.g.* dominancia de taxa en abundancia expresado en %. Es un concepto opuesto al de uniformidad, descripto más adelante en el análisis de diversidad. La dominancia es indicador de la **abundancia relativa** de un grupo taxonómico en particular, y es la proporción de individuos de un taxa (a) con relación al total de individuos de todas los taxa inventariados (A).

$$D = a/A \cdot 100$$

4.4.2 Diversidad alfa y beta

Una forma de medir el efecto de los cambios en el medio y la calidad ambiental es el empleo de distintos métodos univariados e índices de diversidad (alfa y beta).

La **diversidad alfa (α)** es la riqueza y diversidad de taxa de un sitio determinado y de una comunidad en particular a la que se considera homogénea (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). Se mide a través de:

1– **Riqueza taxonómica (S)**: valor basado en la cuantificación del número total de taxa presentes dentro de un determinado sitio de muestreo.

2– **Índice de diversidad de Shannon–Wiener (H')**:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

desde $i = 1$ hasta S

Donde p_i = proporción que corresponde a cada una de los taxa en el total y \log es logaritmo en base 2. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S o riqueza específica, cuando todos los taxa están representados por el mismo número de individuos. En general, H' puede estar en el intervalo de 0,5 a 5; aunque su valor estándar está entre 2 y 3. Los valores inferiores a 2 se consideran bajos y los superiores a 3 se califican altos.

3– **Índice de equitabilidad de Pielou (J')**: mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada.

$$J' = H'/H'_{\text{máx.}}$$

Donde H' = valor de Shannon–Wiener, y $H'_{\text{máx.}} = \ln(S)$, (S = total de taxa). También se lo llama **índice de uniformidad, equiparidad, homogeneidad o equidad**. Su valor está en un intervalo de 0 (cero) a 1. Si $J' = 0$ indica que la abundancia de los taxa son muy desiguales, y si $J' = 1$ corresponde a situaciones donde todos los taxa son igualmente abundantes.

4– **Índice de dominancia de Simpson (λ)**: señala la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra fuesen del mismo taxa.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i = abundancia proporcional de un taxa i ; es decir, cociente entre el n° de individuos de un taxa i y el n° total de individuos de la muestra (Peet, 1974). Este índice está fuertemente influido por la importancia de los taxa más dominantes; es

decir, toma en cuenta la representatividad de los taxa con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de los taxa. Lambda (λ) toma valores entre 0 (cero) a 1. Es un concepto inverso al de uniformidad o equidad de la comunidad, ya que puede calcularse como $1-\lambda$.

La **diversidad beta (β)** es la diversidad entre hábitat o entre comunidades. Describe cuál es el grado de reemplazo o cambio de composición de taxa de un lugar a otro o entre diferentes comunidades de un paisaje a lo largo de un gradiente ambiental (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). Mientras que la diversidad α se mide en función del número de taxa, la diversidad beta está basada en proporciones o diferencias. En este trabajo de Tesis se evaluó la variación estructural entre la comunidad bentónica de substrato blando con respecto a la del substrato duro en un mismo sitio. Estas proporciones se midieron con:

5- Índice o Coeficiente de similitud de Jaccard (I_J)

$$I_J = C/(A + B + C)$$

Donde C = n° de taxa presentes en el substrato duro y blando, A = n° de taxa presentes en el substrato duro, pero no en el substrato blando; y B = n° de taxa presentes en el substrato blando, pero no en el substrato duro. Este análisis se hizo para cada muestreo y sitio de muestreo. El intervalo de valores es de 0 (cero) cuando no hay taxa compartidos entre ambos substratos, hasta 1 cuando los dos substratos tienen la misma composición de taxa. Es un índice cualitativo de asociación entre taxa (presencia/ausencia) y similitud de muestras (Magurran, 1988). A partir de la similitud I_J se puede calcular la disimilitud (d) entre muestras $d = 1-I_J$.

6- Índice de Sørensen cuantitativo (I_s cuant.)

$$I_{s \text{ cuant.}} = 2 jN / (aN + bN)$$

Donde jN = la menor de las sumatorias de las abundancias para cada taxa compartido entre ambas comunidades de substrato duro y blando en un sitio de muestreo; aN = número total de individuos en el substrato duro; y bN = número total de individuos en el substrato blando. A diferencia del anterior índice, este es un coeficiente cuantitativo de similitud que tiene en cuenta la abundancia relativa de los taxa. Cuando los valores son cercanos a 0 (cero) las abundancias son muy diferentes, cuando se acercan a 1 tienen la misma abundancia entre las distintas comunidades de substratos.

Para el **análisis estadístico de las variables físicas y químicas, biológicas, y de diversidad alfa y beta** se utilizó el programa **Excel 2007** de Microsoft Office for Windows XP, y el programa **PRIMER 5.2.9 for Windows** (Clarke & Warwick, 2001).

Se contrastó la normalidad de los datos ambientales con el test de Shapiro–Wilk y se realizó la prueba paramétrica de t de Student –para datos independientes– para el Río de la Plata, y la prueba de ANOVA no paramétrica de Kruskal–Wallis (H) para el río Paraná; con el fin de determinar si existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sitios de muestreos con respecto a las variables físicas y químicas del agua. Para este análisis se utilizó el programa estadístico **PAST version 2.17c** (Hammer *et al.*, 2001). Se aplicó también la prueba t de Student –para datos independientes– con el fin de observar si hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el substrato duro y blando de cada sitio de muestreo del Río de la Plata con respecto a las abundancias de invertebrados bentónicos y a los índices de diversidad alfa. Se hizo lo propio para los tres sitios del río Paraná, pero aplicando el análisis no paramétrico de Kruskal–Wallis (H) debido a la escases de muestreos y la ausencia de normalidad en los datos (Zar, 1996).

4.4.3 Ordenamiento

Se realizaron distintos análisis estadísticos multivariados de ordenamiento que permitieron explorar si existieron diferencias significativas entre los atributos comunitarios (abundancia de invertebrados bentónicos) de cada sitio de muestreo con respecto a los dos tipos de substratos, las épocas del año y las variables ambientales:

1– Se aplicó el análisis ANOSIM o análisis de similitudes (Analysis of Similarities) de 2 vías con el fin de comparar los atributos comunitarios entre las estaciones del año (factor: temporal—estacional); es decir, otoño (abril, mayo y junio de 2002 y de 2003), invierno (julio, agosto y septiembre de 2002 y de 2003), primavera (octubre, noviembre y diciembre de 2002 y de 2003) y verano (enero, febrero y marzo de 2003 y de 2004). Asimismo se contrastó la variación interanual, es decir de un año de muestreo con respecto al siguiente (factor: temporal—anual). También se hizo un ANOSIM de 1 vía para contrastar si existieron diferencias significativas de los atributos comunitario entre substratos (factor: tipo de substrato); es decir, duro *vs.* blando. Para el análisis ANOSIM se utilizó la matriz

básica de datos cuantitativos biológica, elaborada a partir de las densidades promedios de los taxa (columnas) vs. los meses de muestreo (fila), para cada sitio y sustrato. Esta primera matriz fue transformada con raíz cuadrada ($\sqrt{}$) para lograr homogeneidad de las varianzas. Luego, se construyó una segunda matriz o matriz de similitud entre muestras con el coeficiente de di/similitud de [Bray & Curtis \(1957\)](#), y se trabajó a un nivel de significancia $p < 0,05$; calculado mediante 999 permutaciones entre los grupos. Este análisis produce un estadístico (R), que es una medida absoluta de la distancia dentro y entre los grupos establecidos para el parámetro bajo consideración. Los valores similares a 0 (cero) denotan una pequeña diferencia entre los grupos, mientras que los valores de R próximos a 1 indican que los grupos difieren en composición de la comunidad.

2– El resultado del ANOSIM se pudo observar en un diagrama de dispersión biplot (2D) a través del análisis nMDS o escalamiento multidimensional-no paramétrico (Non-metric Multi-Dimensional Scaling). La calidad del ajuste del nMDS se expresa como un factor de tensión o valor de stress (S). Si $S > 0,2$ la tensión es alta y aleatoria, y el análisis es pobre; si $S < 0,2$ el factor de tensión es bajo, correspondiendo a un buen ordenamiento con ninguna perspectiva real de una interpretación errónea; un $S < 0,1$ es un análisis ideal ([Clarke, 1993](#)).

3– A la matriz básica biológica se aplicó la rutina SIMPER o de porcentajes de similitudes (Similarity Percentages-Species Contributions) para analizar cuáles taxa podría explicar las diferencias o similitudes significativas encontradas entre sustratos, sitios y estaciones del año.

4– Se analizaron simultáneamente todas las variables ambientales medidas del agua (pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos, saturación de oxígeno y concentración de oxígeno disuelto) que pudieran influir en las variables biológicas. Por medio del ordenamiento se analizaron para cada sitio, año y tipo de sustrato, por medio de la ordenamiento multivariado no paramétrico RELATE (Relationship Evaluation) y BIOENV (Biota and/or Environment matching). Primero se confeccionó una matriz básica con datos ambientales, elaborada a partir de las variables físicas y químicas (columnas) vs. meses de muestreo (fila) para cada sitio y sustrato. Se construyó a continuación una segunda matriz o matriz de similitud aplicando distancia euclídeana, transformando los datos con $\log_{10}(X + 1)$ —con excepción del pH que es una variable ya transformada— y estandarizando la

información para comparar valores de distribuciones normales de diferentes unidades. La rutina RELATE se aplicó para evaluar si existió relación entre dos matrices de similitud, *i.e.* la ambiental *vs.* la biológica. Esto se comparó con un intervalo de correlación de Spearman (r_s) y una prueba de significación que es equivalente al método de la Prueba de Mantel (Clarke & Warwick, 2001). La significancia de las relaciones se basó en 999 permutaciones aleatorias de los datos. Un valor del coeficiente (r_s) próximo a 0 (cero) implica que no hay relación entre dos matrices de similitud, un r_s de 0,4 a 0,6 una relación moderada, entre 0,7 y 0,8 una relación relativamente fuerte, mientras que un valor de r_s cercano a 1 indica una fuerte relación entre las variables biológicas y las ambientales. La rutina RELATE puede considerarse un test *a priori* para la siguiente rutina de BIOENV, comparable a un análisis de regresión múltiple, la cual se utilizó para ver qué variable ambiental o combinación de variables explican mejor la variación de los datos biológicos (Clarke & Ainsworth, 1993). La rutina BIOENV utiliza la correlación de rangos de Spearman (r_s).

Para el análisis multivariado de ordenamiento (ANOSIM, nMDS, SIMPER, RELATE y BIOENV) se utilizó el software estadístico PRIMER 5.2.9 for Windows (Clarke & Warwick, 2001).

4.4.4 Grupos funcionales alimentarios (GFA)

Se describió la estructura de la comunidad bentónica según la clasificación funcional de los invertebrados en sus hábitos alimentarios. Las distintas estrategias morfológicas y fisiológicas de los organismos acuáticos pueden ser entendidas como adaptación a los recursos alimentarios que están presentes, y a las condiciones nutricionales prevalecientes. Sin bien no se realizaron experiencias en campo o laboratorio sobre la morfología de piezas bucales, mecanismos de obtención de alimento o análisis del contenido del tubo digestivo, se utilizó bibliografía específica para una descripción y aproximación de la fauna bentónica estudiada a los grupos funcionales alimentarios (GFA). Siguiendo referencias generales y locales como Cummins & Klug (1979), Cummins & Wilzbach (1985), Bonetto & Wais (1995), y Merrit & Cummins (1996), Marchese *et al.* (2014); se definieron cuatro categorías tróficas en:

Grupo 1 (G1): organismos **herbívoros** o más frecuentemente **detritívoros**, incluye a **fragmentadores**, **desmenuzadores** y **trituradores**. Se alimentan de materia orgánica particulada gruesa, materia vegetal muerta o en descomposición > 1 mm (MOPG) y la convierten, junto con la acción abrasiva del agua y el substrato, a materia orgánica particulada fina < 1 mm (MOPF), a través de la rotura mecánica y favoreciendo el recurso a otros organismos.

Grupo 2 (G2): organismos **recolectores**. Obtienen las partículas orgánicas muertas de los residuos, sedimentos del río y de detritos pequeños < 1 mm; depositada en superficies por decantación. Se incluye a los **filtradores** o individuos que filtran agua atrapando pequeñas partículas en suspensión.

Grupo 3 (G3): invertebrados **raspadores** o **ramoneadores** adaptados para la alimentación de pastoreo sobre la delgada capa de materia orgánica muerta, algas y bacterias que se desarrolla sobre la superficie de rocas.

Grupo 4 (G4): organismos **depredadores** que atacan y capturan a otros invertebrados vivos (presa).

Los GFA se los analizó en término de riqueza o número de taxa y de porcentaje de abundancia (%).

RESULTADOS

Capítulo 5 La Composición y La Estructura

“El que controla el desorden tiene más poder que el que mantiene el orden”

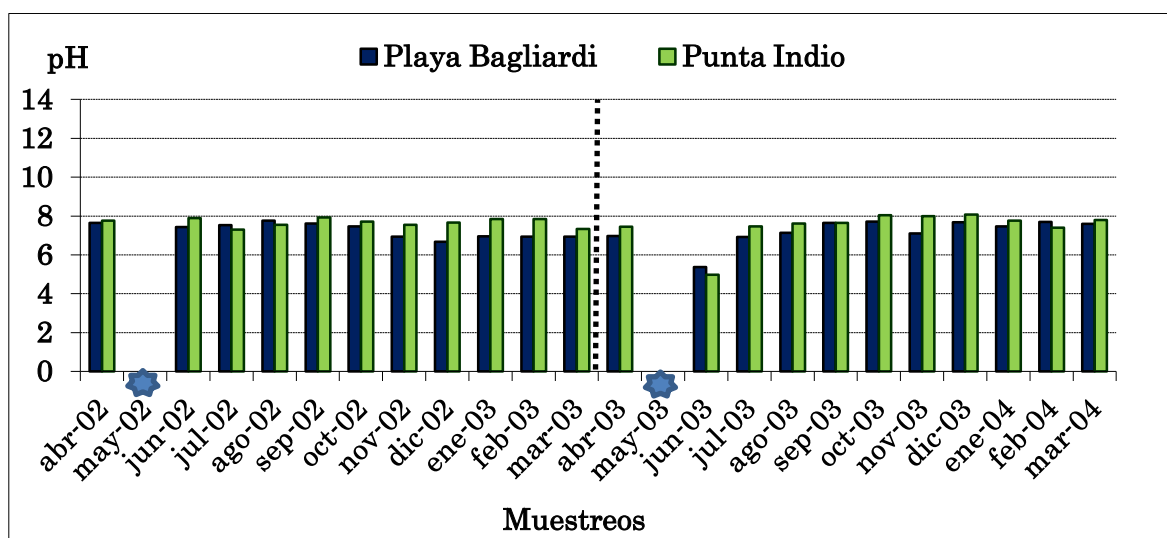
5.1 VARIABLES AMBIENTALES

5.1.1 Punta Indio y Playa Bagliardi

Las variables físicas y químicas en Punta Indio y Playa Bagliardi arrojaron los siguientes resultados:

El **pH** fue levemente alcalino, **próximo a** un valor **neutro** (≈ 7) en ambos sitios de muestreo, durante los 22 meses relevados. En Punta Indio el pH fue en $\bar{X} = 7,63 \pm 0,68$; con un máximo = 8,07 (diciembre de 2003), y un mínimo = 4,97 (junio de 2003). En Playa Bagliardi el $\bar{X} = 7,24 \pm 0,54$; máx. = 8,67 (ago. '02), y mín. = 5,37 (jun. '03; Fig. 8a). La prueba t de Student demostró que **no se encontraron diferencias significativas en el pH entre ambos sitios** (Tabla 1).

Fig. 8a. pH en Punta Indio y Playa Bagliardi en dos años de muestreos. 🌟 Sin datos.

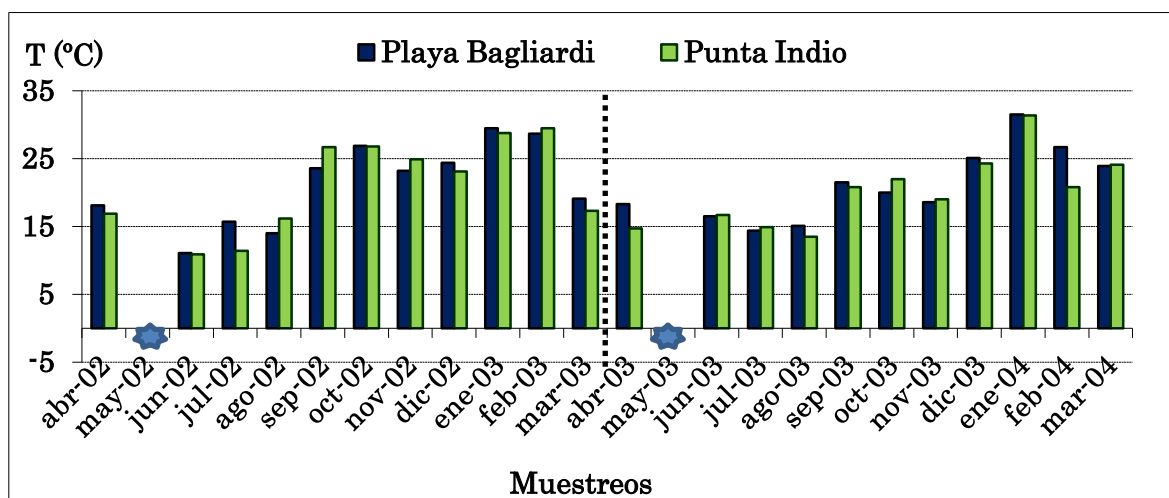


La **temperatura** del agua (T) fue **similar en los dos sitios** de muestreo, observándose una marcada variabilidad en función de la estacionalidad del área de estudio, característico del clima **templado** de la región. En Punta Indio la temperatura $\bar{X} = 20,67 \pm 5,97$ °C, máx. = 31,4 °C (ene. '04), y mín. = 10,9 °C (jun. '03). En Playa Bagliardi la temperatura $\bar{X} = 21,18 \pm 5,59$ °C, máx. = 31,5 °C (ene. '04), y mín. = 11,1 °C (jun. '02; Fig. 8b). La prueba t de Student demostró que **no se**

encontraron diferencias significativas en la temperatura entre ambos sitios (Tabla 1).

Fig. 8b. Temperatura (°C) en Punta Indio y Playa Bagliardi en dos años de muestreos.

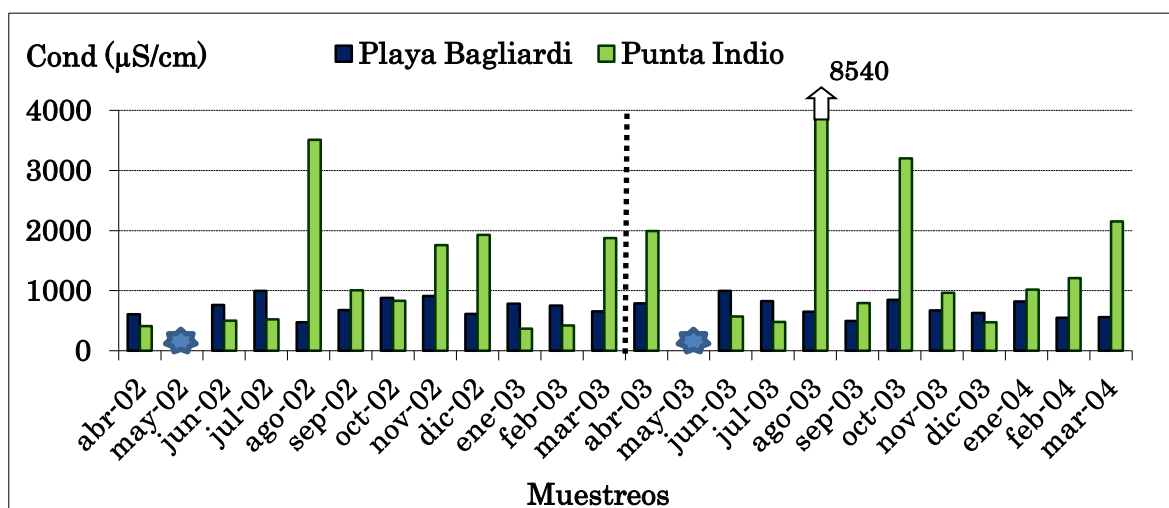
✿ Sin datos.



La conductividad (Cond) mostró una marcada diferencia entre ambos sitios, con mayores fluctuaciones en Punta Indio debido a la proximidad a la zona externa estuarina del Río de la Plata. En este sitio la Cond. $\bar{X} = 1569,23 \pm 1796,6 \mu\text{S/cm}$, máx. = $8540 \mu\text{S/cm}$ (ago. '03), y mín. = $366 \mu\text{S/cm}$ (ene. '03). En Playa Bagliardi el $\bar{X} = 724,09 \pm 150,48 \mu\text{S/cm}$, máx. = $998 \mu\text{S/cm}$ (jun. '03), y mín. = $474 \mu\text{S/cm}$ (ago. '02; Fig. 8c). La prueba t de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en la conductividad entre ambos sitios (Tabla 1).

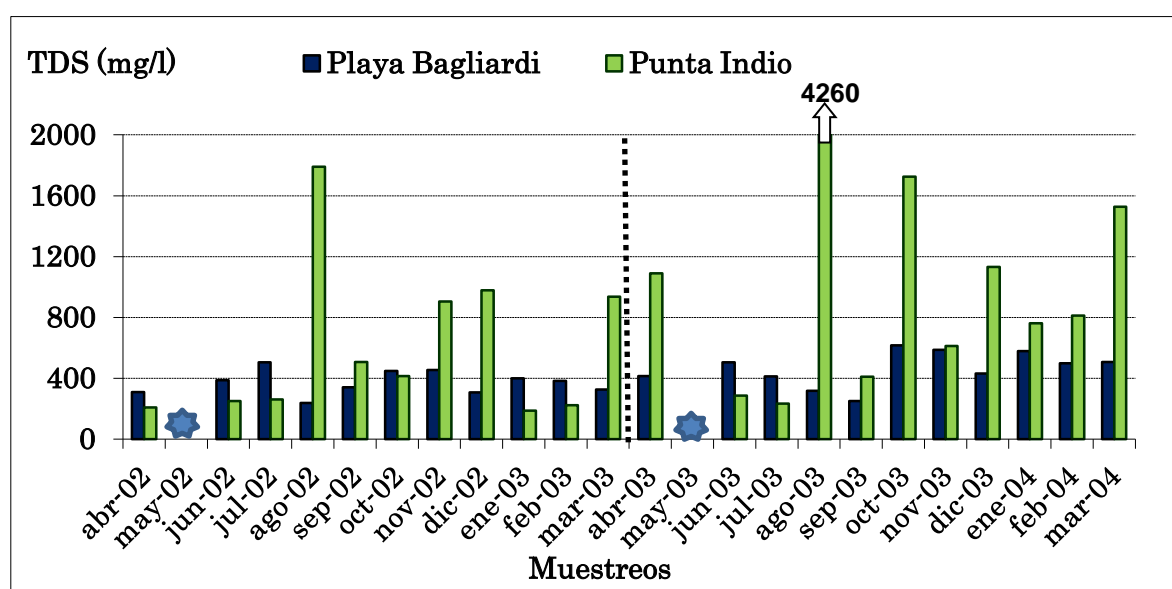
Fig. 8c. Conductividad ($\mu\text{S/cm}$) en Punta Indio y Playa Bagliardi en dos años de muestreos.

✿ Sin datos.



El total de sólidos disueltos (TDS) mostró patrones similares a la conductividad en ambos sitios; *i.e.*, en Punta Indio el TDS un $\bar{X} = 886,91 \pm 901,94$ mg/L, máx. = 4260 mg/L (ago. '03), y mín. = 187 mg/L (ene. '03). En Playa Bagliardi se registraron valores más bajos que Punta Indio; *i.e.*, el $\bar{X} = 418,93 \pm 106,4$ mg/L, máx. = 617 mg/L (oct. '03), y mín. = 250 mg/L (set. '03; Fig. 8d). La prueba t de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en el total de sólidos disueltos entre ambos sitios (Tabla 1).

Fig. 8d. Total sólidos disueltos (mg/L) en Punta Indio y Playa Bagliardi en dos años de muestreos. * Sin datos.



La concentración de oxígeno disuelto (OD) fue más elevada en Punta Indio que en Playa Bagliardi. En Punta Indio el OD $\bar{X} = 9,11 \pm 1,88$ mg/L, máx. = 12,26 mg/L (jul. '03), y mín. = 6,33 mg/L (ene. '02). En Playa Bagliardi el $\bar{X} = 6,48 \pm 2,88$ mg/L, máx. = 14,9 mg/L (jul. '02), y mín. = 2,83 mg/L (abr. '02; Fig. 8e).

El porcentaje de oxígeno (% O₂) mostró la misma tendencia que el OD, ya que fue más elevado en Punta Indio que en Playa Bagliardi. En Punta Indio el % O₂ en $\bar{X} = 94,63 \pm 19,75$ %, máx. = 135,2 % (feb. '03), y mín. = 64,2 % (abr. '04). En Playa Bagliardi el $\bar{X} = 68,03 \pm 23,73$ %, máx. = 116,2 % (jul. '02), y mín. = 28,6 % (ene. '04; Fig. 8f). La prueba t de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en el oxígeno disuelto entre ambos sitios, como así también en el porcentaje de oxígeno (Tabla 1).

Fig. 8e. Oxígeno disuelto (mg/L) en Punta Indio y Playa Bagliardi en dos años de muestreos. 🌟 Sin datos.

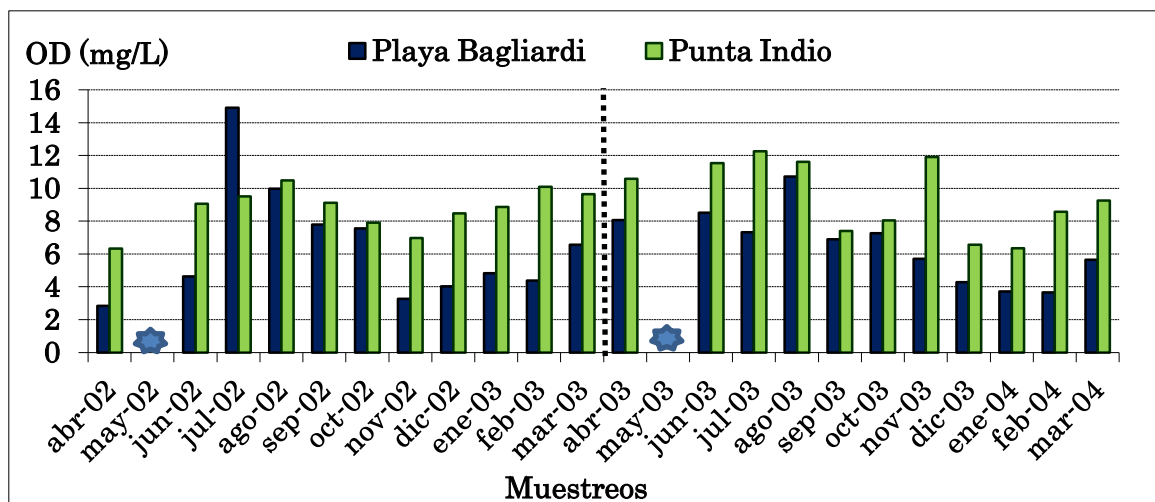


Fig. 8f. Porcentaje de oxígeno (%) en Punta Indio y Playa Bagliardi en dos años de muestreos. 🌟 Sin datos.

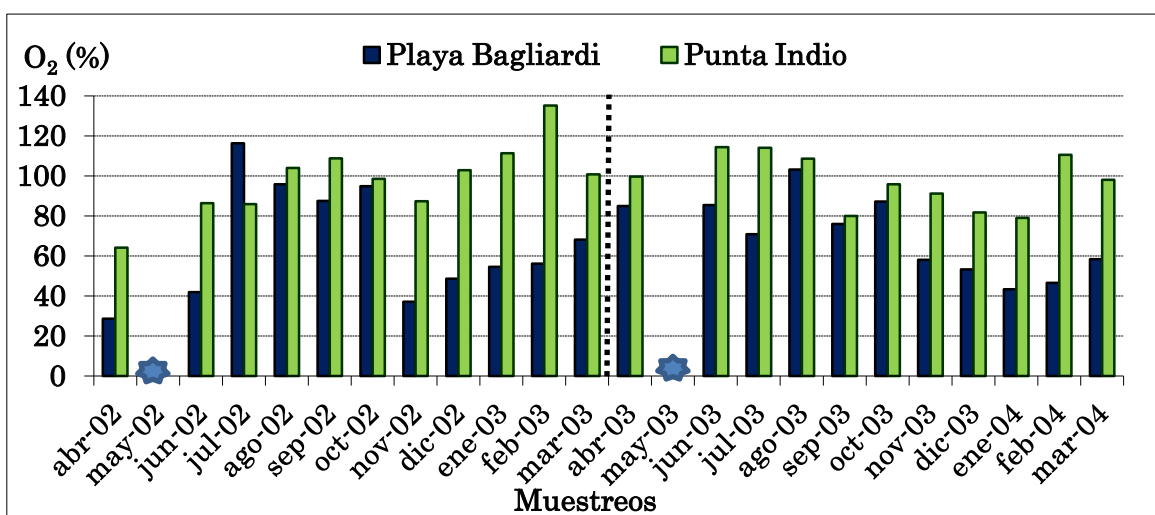


Tabla 1. Prueba t (de Student) para las variables físicas y químicas del agua entre Punta Indio y Playa Bagliardi; p (nivel de confianza) < 0,05; gl (grados de libertad) = 40; * = significativo; ns = no significativo.

Variables ambientales	t	p	sig.
pH	-1,906	0,064	ns
Temperatura (T)	0,328	0,745	ns
Conductividad (Cond)	-2,414	0,020	*
Total sólidos disueltos (TDS)	-2,410	0,021	*
Oxígeno disuelto (OD)	-4,037	0,0002	*
Porcentaje de oxígeno (% O ₂)	-5,089	0,00001	*

5.1.2 Río Paraná Inferior, Medio y Alto

Se registraron valores de **pH cercanos al neutro (≈ 7) en los tres sitios** de muestreo relevados **en el río Paraná**, tanto en el verano de 2003 como en el verano 2004 (Fig. 9a).

La **temperatura (T)** del agua en el río Paraná tuvo el valor más bajo en San Nicolás de los Arroyos con 24,3 °C (verano '04), mientras que la temperatura más elevada fue 30,1 °C (verano '03) en Ituzaingó (Fig. 9b).

La **conductividad (Cond)** más alta registrada en el río Paraná fue en San Nicolás de los Arroyos con 273 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (verano '03), y la menor fue en Ituzaingó con 44,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (verano '04; Fig. 9c).

El **total de sólidos disueltos (TDS)** presentó la **misma tendencia que la conductividad**. El valor más alto fue 140 mg/L (verano '03) en San Nicolás de los Arroyos, y el menor registro fue 23,5 mg/L (verano '04) en Ituzaingó (Fig. 9d).

El **oxígeno disuelto (OD)** tuvo el mayor registro en Ituzaingó con 8,1 mg/L (verano '03), y el menor en San Nicolás de los Arroyos con 7,1 mg/L (verano '04, Fig. 9e).

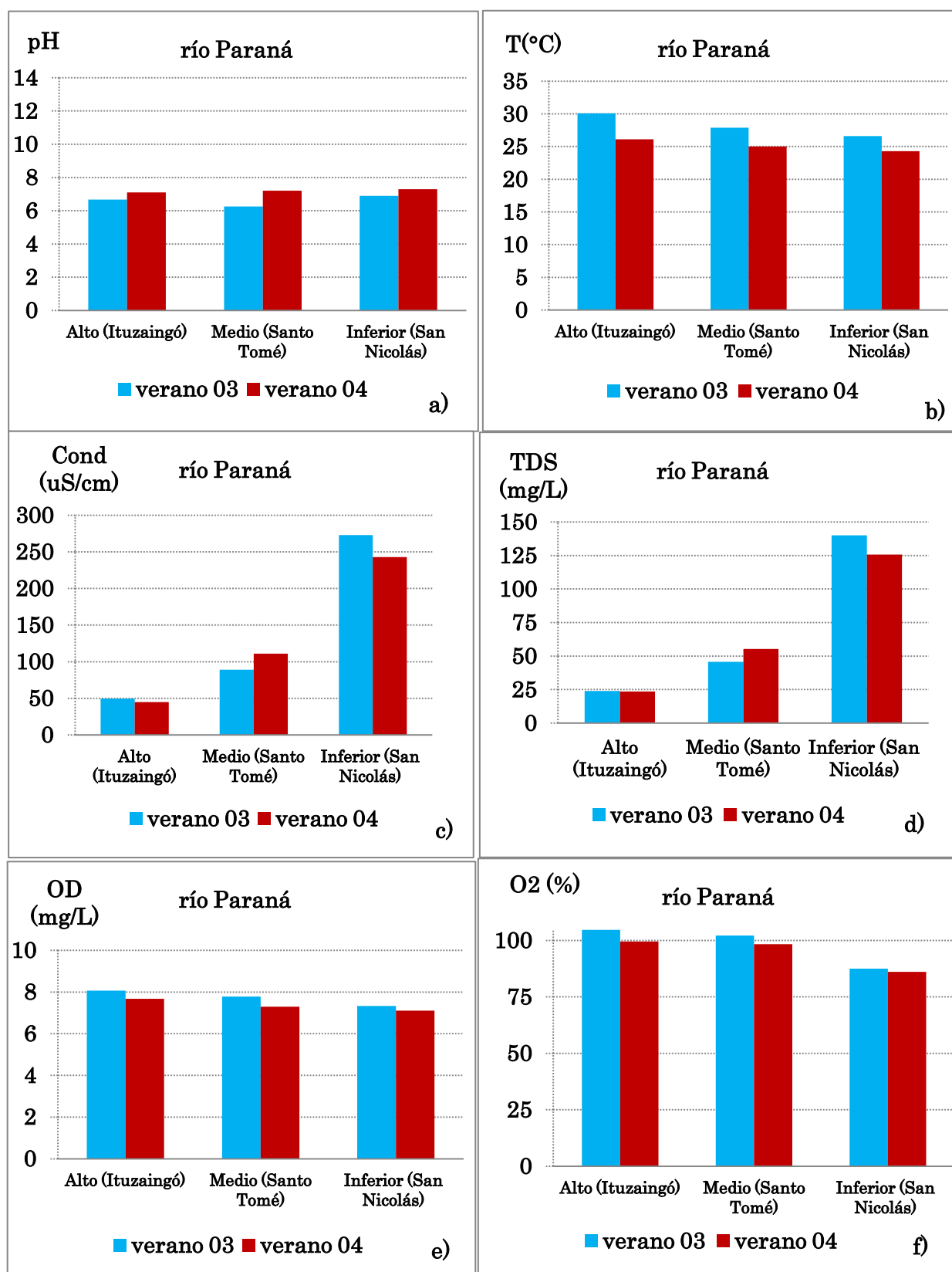
El **porcentaje de oxígeno (%)** presentó la **misma tendencia que el oxígeno disuelto**. El mayor valor fue en Ituzaingó mientras que el más bajo en el San Nicolás de los Arroyos; *i.e.* con 104,7 % (verano '03), y 86,1 % (verano '04), respetivamente (Fig. 9f).

La prueba H (Kruskall–Wallis) arrojó que **no hubo diferencias significativas entre los tres sitios del río Paraná para cada variable física y química del agua** (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba H (Kruskall–Wallis) para las variables físicas y químicas del agua entre los tres sitios del río Paraná; p (nivel de confianza) < 0,05; * = significativo; ns = no significativo.

Variables ambientales	H	p	sig.
pH	0,857	0,651	ns
Temperatura (T)	2,571	0,277	ns
Conductividad (Cond)	4,571	0,102	ns
Total sólidos disueltos (TDS)	4,571	0,102	ns
Oxígeno disuelto (OD)	3,714	0,156	ns
Porcentaje de oxígeno (% O ₂)	3,741	0,156	ns

Fig. 9. Variables físicas y químicas del agua en los tres sitios de muestreo del río Paraná (Inferior, Medio y Alto), en el verano '03 y '04. **a)** pH, **b)** Temperatura (°C), **c)** Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), **d)** Total sólidos disueltos (mg/L), **e)** Oxígeno disuelto (mg/L), **f)** Porcentaje de oxígeno (%).



5.2 VARIABLES BIOLÓGICAS: ASOCIACIONES BENTÓNICAS EN EL SUBSTRATO DURO Y BLANDO

5.2.1 Punta Indio y Playa Bagliardi

Se analizaron a los invertebrados bentónicos en sus diferentes categorías taxonómicas (*e.g.* especie, género, familia) para los dos sitios relevados del Río de la Plata (Punta Indio y Playa Bagliardi). Se registraron las siguientes variaciones mensuales y anuales en cuanto a su composición, frecuencia y abundancia; tanto en sustrato duro como en sustrato blando.

Se encontró en **Punta Indio** una ocurrencia **total** de **40 taxa** para el **sustrato duro** y **35 taxa** para el **sustrato blando** en los dos años de muestreo, mientras que en **Playa Bagliardi** el registro de ocurrencia **total** fue de **35 taxa** para **sustrato duro** y de **30 taxa** para **sustrato blando** en el mismo periodo ([ver ANEXO](#)).

Frecuencia de ocurrencia (Fr)

La frecuencia de invertebrados bentónicos sobre **sustrato duro** en **Punta Indio** estuvo representada por **8** (1°. año de muestreo) y **7** (2°. año de muestreo) **taxa constantes** (90–100 % de ocurrencia anual). Estos grupos fueron los Nematoda, Oligochaeta, Polychaeta *Nereis (Neanthes) succinea* (Frey & Leuckart 1847), Bivalvia *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857), Harpacticoida como *Cletocamptus deitersi* (Richard 1897), Cirripedia *Balanus improvisus* (Darwin 1854), Amphipoda *Corophium rioplatense* (Giambiagi 1926), y Tanaidacea *Sinelobus stanfordi* (Richardson 1905). Los grupos menos frecuentes o **muy raros** (1–29 % de ocurrencia anual) fueron de **12** (1°. año de muestreo) y **17** (2°. año de muestreo) **taxa**, como los Ciliophora *Vorticella* sp., Platyhelminthes *Mesostoma* sp., Rotifera, Gastropoda *Heleobia australis* (d'Orbigny 1835), Cladocera, Amphipoda *Hyaella pampeana* (Cavalieri 1968), Tanaidacea *Kalliapseudes* sp., Cumacea *Claudicuma platensis* (Roccatagliata 1981), Isopoda *Heterias (Fritzianira) exul* (Müller 1892), larvas de Ephemeroptera, Trichoptera Hydroptilidae, y Diptera Dolichopodidae. Entre este rango de ocurrencia se registraron frecuencias intermedias de taxa que se describen en la [Tabla 3a](#).

En el **sustrato blando** la frecuencia de ocurrencia de invertebrados bentónicos estuvo representada por **4** (1°. año de muestreo) y **2** (2°. año de muestreo)

taxa constantes (90–100 % de ocurrencia anual). Estos grupos fueron los Nematoda, Oligochaeta Tubificidae, Cyclopoida Cyclopidae, y Ostracoda Cyprididae. Los grupos menos frecuentes o **muy raros** (1–29 % de ocurrencia anual) fueron entre **12** (1.º año de muestreo) y **19** (2.º año de muestreo) **taxa**, como Ciliophora *Vorticella* sp., Cnidaria *Cordylophora caspia* (Pallas 1771), Rotifera, Gastropoda *Pothamolitus* sp. y *H. australis*, Cladocera, Amphipoda *H. pampeana*, Isopoda *H. (Fritzianira) exul*, *Pseudosphaeroma platense* (Giambiagi 1922) y *Basphaeroma rhombofrontale* (Giambiagi 1922), Collembola *Ballistura* sp., Isotomidae, *Ceratophysella* sp., *Sminthurus* sp., y Ephemeroptera. Entre este rango de ocurrencia se registraron frecuencias intermedias de taxa que se describen en la [Tabla 3b](#).

Tabla 3a. Frecuencia de ocurrencia (Fr) de invertebrados bentónicos en el sustrato duro de Punta Indio; n = 110. Entre paréntesis el acrónimo del taxa.

Taxa	% de ocurrencia Frecuencia Año de Muestreo	Punta Indio				substrato duro							
		constantes 100-90 %		muy común 89-70 %		común 69-50 %		raro 49-30 %		muy raro 29-1 %		ausente 0 %	
		[11 a 10 meses]		[9 a 8 meses]		[7 a 6 meses]		[5 a 4 meses]		[3 a 1 meses)		[0 mes]	
		1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño
CILIOPHORA (CIL)													
1	<i>Vorticella</i> sp.										X		X
FORAMINIFERA (FOR)													
2	<i>Ammonia beccarii</i>					X			X				
3	sp. 1							X			X		
4	sp. 2										X		X
CNIDARIA (CNI)													
5	<i>Cordylophora caspia</i>							X	X				
PLATYHELMINTHES (PLA)													
6	<i>Mesostoma</i> sp.									X			X
ROTIFERA (ROT)													
7	<i>Brachionus</i> sp.									X	X		
8	sp.1									X	X		
9	sp. 2										X		X
10	NEMATODA (NEM)	X	X										
OLIGOCHAETA (OLI)													
11	familias no identificadas	X	X										
12	Tubificidae Naidinae										X		X
POLYCHAETA (POL)													
13	<i>Nereis (Neanthes) succinea</i>	X	X										
BIVALVIA (BIV)													
14	<i>Limnoperna fortunei</i>	X	X										
GASTROPODA (GAS)													
15	<i>Pothamolithus</i> sp.							X	X				
16	<i>Heleobia australis</i>									X	X		
TARDIGRADA (TAR)													
17	<i>Dactylobiotus dispar</i>					X		X					
HYDRACHNIDIA (HYD)													
18	sp. 1								X				X
19	sp. 2										X		X
20	sp. no identificadas			X	X								

Tabla 3b. Frecuencia de ocurrencia (Fr) de invertebrados bentónicos en el sustrato blando de Punta Indio; n = 110. Entre paréntesis el acrónimo del taxa.

Taxa	% de ocurrencia Frecuencia Año de Muestreo	Punta Indio						substrato blando					
		constantes 100-90 %		muy común 89-70 %		común 69-50 %		raro 49-30 %		muy raro 29-1 %		ausente 0 %	
		[11 a 10 meses]		[9 a 8 meses]		[7 a 6 meses]		[5 a 4 meses]		[3 a-1 meses]		[0 mes]	
		1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño
CILIOPHORA (CIL)													
1	<i>Vorticella</i> sp.											X	X
FORAMINIFERA (FOR)													
2	<i>Ammonia beccarii</i>			X								X	
3	sp. 1							X				X	
4	sp. 2											X	X
CNIDARIA (CNI)													
5	<i>Cordylophora caspia</i>											X	X
ROTIFERA (ROT)													
6	<i>Brachionus</i> sp.											X	X
7	sp. no identificadas					X						X	
8	NEMATODA (NEM)	X	X										
OLIGOCHAETA (OLI)													
9	Tubificidae	X			X								
BIVALVIA (BIV)													
10	<i>Limnoperna fortunei</i>						X	X					
GASTROPODA (GAS)													
11	<i>Pothamolithus</i> sp.										X	X	
12	<i>Heleobia australis</i>										X	X	
TARDIGRADA (TAR)													
13	<i>Dactylobiotus dispar</i>				X	X							
14	HYDRACHNIDIA(HYD)			X			X						
15	HARPACTICOIDA (HAR)					X	X						
CYCLOPOIDA (CYC)													
16	Cyclopidae	X			X								
CALANOIDA (CAL)													
17	Centropagidae			X					X				
CLADOCERA (CLA)													
18	<i>Bosmina</i> sp.									X			X
19	Chydoridae							X			X		

CONTINUACIÓN													
20	Macrothricidae										x		x
21	<i>Moina</i> sp.										x	x	
OSTRACODA (OST)													
22	Cyprididae	x	x										
AMPHIPODA (AMP)													
23	<i>Hyalella pampeana</i>										x	x	
TANAIDACEA (TAN)													
24	<i>Sinelobus stanfordi</i>					x						x	
CUMACEA (CUM)													
25	<i>Claudicuma platensis</i>							x				x	
ISOPODA (ISO)													
26	<i>Heteroeas (Fritzianira) exul</i>											x	x
27	sp. 1										x		x
28	<i>Pseudosphaeroma platense</i>											x	x
29	<i>Basphaeroma rhombofrontale</i>										x		x
COLLEMBOLA (COLL)													
30	<i>Ballistura</i> sp.											x	x
31	Isotomidae										x		x
32	<i>Ceratophysella</i> sp.										x	x	
33	<i>Sminthurus</i> sp.										x		x
EPHEMEROPTERA (EPH)													
34	sp. 1										x		x
DIPTERA (DIP)													
35	Chironomidae							x				x	
Total 1° Año =		4		3		4		5		12		7	
Total 2° Año =			2		3		3		1		19		7
Total de Taxa en el 1.° Año = 35; en el 2.° Año = 35;		4/35	2/35	3/35	3/35	4/35	3/35	5/35	1/35	12/35	19/35	7/35	7/35

Período de estudio: 1.° Año = de abr. '02 a mar. '03; y 2.° Año = de abr. '03 a mar. '04.

La frecuencia de ocurrencia de invertebrados bentónicos sobre **substrato duro** en **Playa Bagliardi** estuvo representada por **7** (1°. año muestreo) y **4** (2°. año muestreo) **taxa constantes** (90–100 % de ocurrencia anual). Estos grupos fueron los Nematoda, Hirudinea *Helobdella* sp. Oligochaeta, Bivalvia *L. fortunei*, Tanaidacea *S. stanfordi*, y larvas de Diptera Chironomidae. Los grupos menos frecuentes o **muy raros** (1–29 % de ocurrencia anual) fueron entre **15** (1°. año de muestreo) y **12** (2°. año de muestreo) **taxa**, como Cnidaria *C. caspia*, Platyhelminthes DugesIIDae y *Temnoche Pala* sp., Rotifera, Cladocera *Bosmina* sp., Chydoridae y *Moina* sp., Ostracoda Cyprididae, Amphipoda *C. rioplatense*, y larvas de Diptera Ceratopogonidae, Empididae y Dolichopodidae. Entre este rango de ocurrencia se registraron taxa con frecuencias intermedias que se describen en la [Tabla 3c](#).

En cuanto al **substrato blando** la frecuencia de ocurrencia de invertebrados bentónicos estuvo constituida por **2** (1°. año muestreo) y **1** (2°. año muestreo) **taxa constantes** (90–100 % de ocurrencia anual); representada principalmente por los Nematoda. Los grupos menos frecuentes o **muy raros** (1–29 % de ocurrencia anual) fueron **11** (1°. año de muestreo) y **10** (2°. año de muestreo) **taxa** como Ciliophora *Vorticella* sp., Cladocera Daphnidae, Macrothricidae y Sididae, Ostracoda Cyprididae, Amphipoda *H. pampeana*, Collembola Isotomidae y Poduridae (*Ceratophysella* sp.), Thysanoptera, y larvas de Diptera Psychodidae. Entre este rango de ocurrencia se registraron taxa con frecuencias intermedias que se describen en la [Tabla 3d](#).

Tabla 3c. Frecuencia de ocurrencia (Fr) de invertebrados bentónicos en el sustrato duro de Playa Bagliardi; n = 110. Entre paréntesis el acrónimo del taxa.

Taxa	Año de Muestreo	% de ocurrencia Frecuencia	Playa Bagliardi						substrato duro					
			constantes 100-90 %		muy común 89-70 %		común 69-50 %		raro 49-30 %		muy raro 29-1 %		ausente 0 %	
			[11 a 10 meses]		[9 a 8 meses]		[7 a 6 meses]		[5 a 4 meses]		[3 a 1 meses]		[0 mes]	
			1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño
CILIOPHORA (CIL)														
1	<i>Vorticella</i> sp.				X				X					
CNIDARIA(CNI)														
2	<i>Cordylophora caspia</i>									X	X			
PLATYHELMINTHES (PLA)														
3	Dugesiidae								X	X				
4	<i>Temnochepala</i> sp.									X	X			
ROTIFERA (ROT)														
5	<i>Brachionus</i> sp.	X										X		
6	sp. 1								X	X				
7	NEMATODA (NEM)	X	X											
HIRUDINEA (HIR)														
8	<i>Helobdella</i> sp.	X	X											
OLIGOCHAETA (OLI)														
9	sp. no identificadas	X			X									
10	Tubificidae						X			X				
11	Tubificidae Naidinae						X			X				
BIVALVIA (BIV)														
12	<i>Limnoperna fortunei</i>	X	X											
GASTROPODA (GAS)														
13	<i>Uncancylus concentricus</i>						X	X						
14	<i>Heleobia piscium</i>					X	X							
15	<i>Potamolithus</i> sp.							X	X					
TARDIGRADA (TAR)														
16	<i>Dactylobiotus dispar</i>			X			X							
17	sp. 1									X	X			
18	HYDRACHNIDIA (HYD) sp.			X					X					
19	sp. 1						X	X						
20	sp. 2									X	X			

<i>CONTINUACIÓN</i>													

21	<i>Cletocamptus deitersi</i>							X			X		
CYCLOPOIDA (CYC)													
22	Cyclopidae							X			X		
CALANOIDA (CAL)													
23	Centropagidae							X					X
CLADOCERA (CLA)													
24	<i>Bosmina</i> sp.											X	
25	Chydoridae									X	X		
26	<i>Moina</i> sp.									X			X
OSTRACODA (OST)													
27	Cyprididae									X	X		
AMPHIPODA (AMP)													
28	<i>Corophium rioplatense</i>									X	X		
29	<i>Hyalella pampeana</i>				X		X						
TANAIDACEA (TAN)													
30	<i>Sinelobus stanfordi</i>	X	X										
DIPTERA (DIP)													
31	Ceratopogonidae									X			X
32	Chironomidae	X					X						
33	Empididae									X			X
34	Dolichopodidae									X	X		
35	COLEOPTERA (COLE)										X	X	
Total 1° Año =		7		3		1		7		15		2	
Total 2° Año =			4		4		6		4		12		4
Total de Taxa en el 1.° Año = 33; en el 2.° Año = 30;		7/33	4/30	3/33	4/30	1/33	6/30	7/33	4/30	15/33	12/30	2/33	4/30

Período de estudio: 1.° Año = de abr. '02 a mar. '03; y 2.° Año = de abr. '03 a mar. '04.

Tabla 3d. Frecuencia de ocurrencia (Fr) de invertebrados bentónicos en el sustrato blando de Playa Bagliardi; n = 110. Entre paréntesis el acrónimo del taxa.

Taxa	Año de Muestreo	% de ocurrencia Frecuencia	Playa Bagliardi						substrato blando					
			constantes 100-90 %		muy común 89-70 %		común 69-50 %		raro 49-30 %		muy raro 29-1 %		ausente 0 %	
			[11 a 10 meses]		[9 a 8 meses]		[7 a 6 meses]		[5 a 4 meses]		[3 a 1 meses]		[0 mes]	
			1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño	1ºAño	2ºAño
CILIOPHORA (CIL)														
1	<i>Vorticella</i> sp.											X		X
ROTIFERA (ROT)														
2	<i>Brachionus</i> sp.								X					
3	sp. no identificada	X								X				
4	NEMATODA (NEM)	X	X				X							
OLIGOCHAETA (OLI)														
5	Tubificidae				X				X					
BIVALVIA (BIV)														
6	<i>Limnoperna fortunei</i>			X	X									
GASTROPODA (GAS)														
7	<i>Heleobia piscium</i>								X			X		
8	<i>Potamolithus</i> sp.									X	X			
TARDIGRADA (TAR)														
9	<i>Dactylobiotus dispar</i>				X				X					
10	HYDRACHNIDIA (HYD)			X			X							
HARPACTICOIDA (HAR)														
11	<i>Cletocamptus deitersi</i>						X					X		
CYCLOPOIDA (CYC)														
12	Cyclopidae						X	X						
CALANOIDA (CAL)														
13	Centropagidae			X						X				
CLADOCERA (CLA)														
14	<i>Bosmina</i> sp.									X	X			
15	Chydoridae						X					X		
16	Daphnidae										X			X
17	Macrothricidae											X	X	
18	<i>Moina</i> sp.								X	X				
19	Sididae										X			X

<i>CONTINUACIÓN</i>														

	OSTRACODA (OST)													
20	Cyprididae										X	X		
	AMPHIPODA (AMP)													
21	<i>Hyalella pampeana</i>											X	X	
	TANAIDACEA (TAN)													
22	<i>Sinelobus standfordi</i>								X	X				
	CUMACEA (CUM)													
23	<i>Claudicuma platensis</i>								X				X	
	COLLEMBOLA (COLL)													
24	Isotomidae											X	X	
25	Poduridae <i>Ceratophysella</i> sp.										X	X		
26	fam. no identificada										X			X
27	THYSANOPTERA (THY)											X	X	
	DIPTERA (DIP)													
28	Chironomidae								X	X				
29	Psychodidae										X			X
30	fam. no identificada										X			X
Total 1° Año =		2		3		3		5		11		6		
Total 2° Año =			1		3		3		8		10		5	

Total de Taxa en el 1.° Año = 24; en el 2.° Año = 25;		2/24	1/25	3/24	3/25	3/24	3/25	5/24	8/25	11/24	10/25	6/24	5/25	

Período de estudio: 1.° Año = de abr. '02 a mar. '03; y 2.° Año = de abr. '03 a mar. '04.

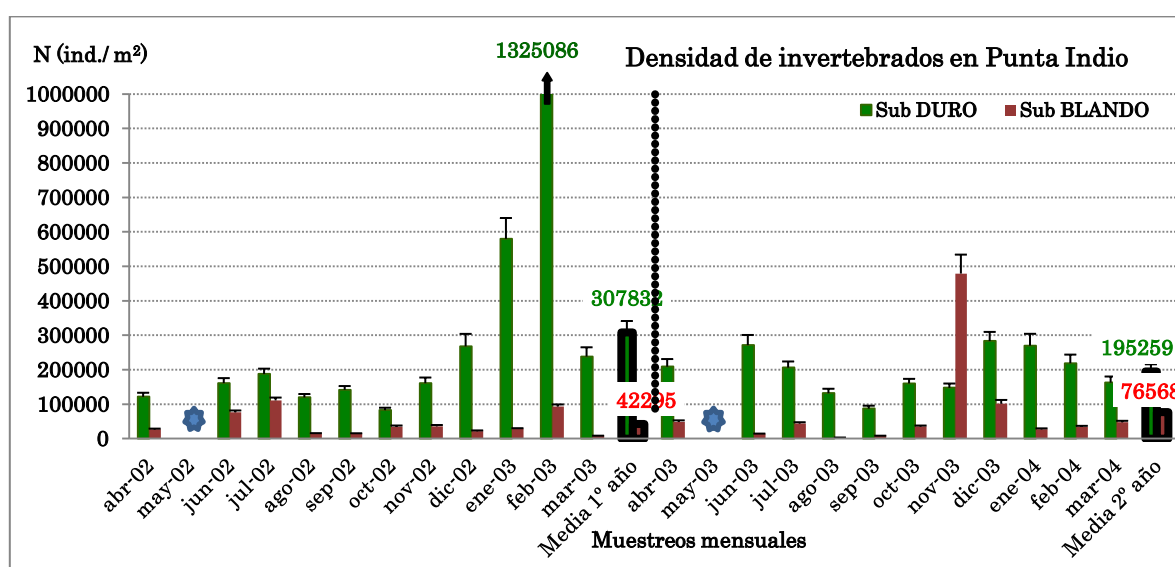
Densidad estimada (N)

Se registró en el **substrato duro** de **Punta Indio** una **densidad (N)** en $\bar{X} = 307.728 \pm 363.523$ ind./m² para el 1.º año de muestreo, siendo febrero '03 el mes con el pico más alto de abundancia con 1.325.086 ind./m², y octubre '02 el más bajo con 82.743 ind./m². Para el 2.º año de muestreo la densidad (N) bajó a un $\bar{X} = 195.259 \pm 63.445$ ind./m², siendo diciembre '03 el mes con mayor abundancia de individuos con 283.103 ind./m², y setiembre '03 el de menor abundancia con 87.124 ind./m².

Para el **substrato blando** se registró una **densidad (N)** en \bar{X} de individuos mucho menor al del substrato duro. Para el 1.º año de muestreo la densidad fue $\bar{X} = 42.295 \pm 34.787$ ind./m², siendo julio '02 el mes con el pico más alto de abundancia con 111.000 ind./m², y marzo '03 el más bajo con 8000 ind./m². Para el 2.º año de muestreo la densidad (N) sobre el substrato blando aumentó en un $\bar{X} = 76.568 \pm 136.092$ ind./m², siendo noviembre '03 el mes con mayor abundancia de individuos con 479.000 ind./m², y agosto '03 el de menor abundancia con 3000 ind./m² (Fig. 10a).

La prueba t de Student demostró que **se encontraron diferencias significativas entre la abundancia de invertebrados de substrato duro y blando de Punta Indio** ($t = 5,444$; $gl = 42$; $p = 0,000002$).

Fig. 10a. Densidad (N) de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de Punta Indio; n = 220. 🌀 Sin datos.

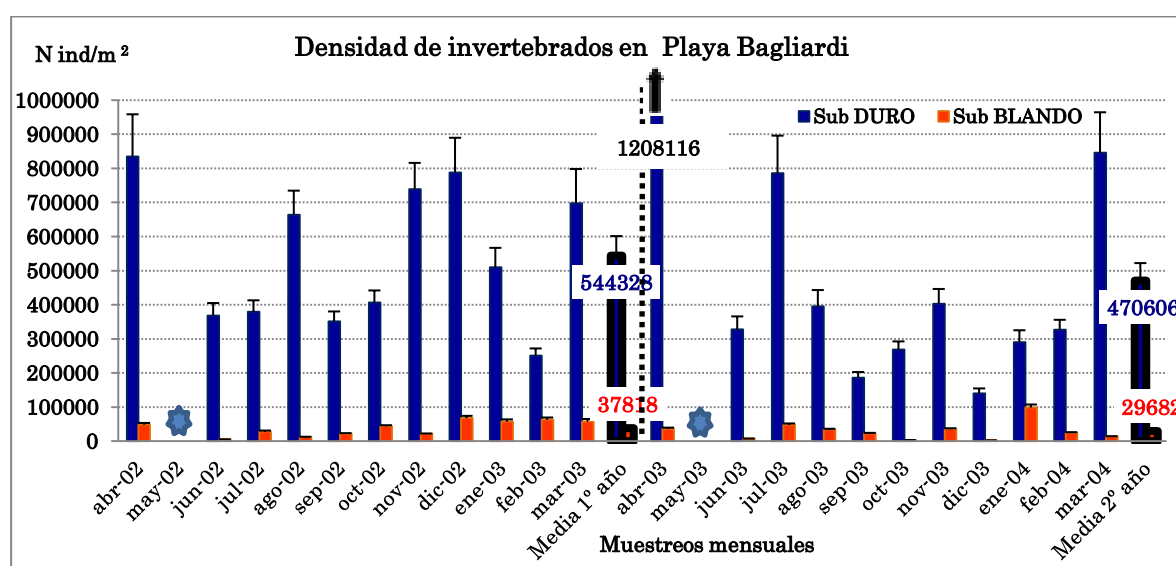


Se registró para el **substrato duro** de **Playa Bagliardi** una **densidad** (N) en \bar{X} mayor al del substrato duro de Punta Indio. Para el 1.º año de muestreo la densidad fue en $\bar{X} = 544.466 \pm 205.076$ ind./m², siendo abril '02 el pico más alto de abundancia con 834.862 ind./m², y febrero '03 el mes más bajo con 250.838 ind./m². Para el 2.º año de muestreo la densidad (N) aumentó con respecto al año anterior a un $\bar{X} = 845.524 \pm 470.606$ ind./m², siendo abril '03 el mes con mayor abundancia de individuos con 1.208.114 ind./m², y diciembre '03 el de menor abundancia con 140.342 ind./m².

Para el **substrato blando** se registró una **densidad** (N) en \bar{X} menor al del substrato duro, y aún menor al del substrato blando de Punta Indio. Para el 1.º año de muestreo la densidad fue en $\bar{X} = 37.818 \pm 21.718$ ind./m², siendo diciembre '02 el mes con el pico más alto de abundancia con 67.750 ind./m², y junio '02 el más bajo con 5250 ind./m². Para el 2.º año de muestreo la densidad (N) disminuyó a $\bar{X} = 29.682 \pm 27.432$ ind./m², siendo enero '04 el mes con mayor abundancia de individuos con 99.000 ind./m², y diciembre '03 el de menor abundancia con 2500 ind./m² (Fig. 10b).

La prueba t de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en la abundancia de invertebrados entre el substrato duro y blando de Playa Bagliardi ($t = 12,180$; $gl = 42$; $p = 2,4^{-14}$).

Fig.10b. Densidad (N) de invertebrados bentónicos en substrato duro y blando de Playa Bagliardi; n = 220. ⚙ Sin datos.



La prueba t de Student demostró que **hubo diferencias significativas en la abundancia de invertebrados bentónicos de substrato duro entre Punta Indio y Playa Bagliardi** ($t = -3,957$; $gl = 42$; $p = 0,0003$); **mientras que, por el contrario, la diferencia de abundancia de invertebrados bentónicos de substrato blando entre estos dos sitio del Río de la Plata resultó ser no significativa** ($t = 1,119$; $gl = 42$; $p = 0,270$).

Dominancia en abundancia (D)

En el **substrato duro** de Punta Indio los **tres grupos más importantes** en cuanto a la **abundancia relativa**, para el **1.º año de muestreo**, fueron los **Nematoda**, con una dominancia en $\bar{X} = 52,78 \pm 16,41$ %, luego prevalecen los **Bivalvia** con $\bar{X} = 23,28 \pm 21,69$ %, y en 3.º lugar, con un valor mucho menor, se hallaron los **Harpacticoida** con $\bar{X} = 6,41 \pm 4,74$ %. Los Oligochaeta, Ostracoda y Tanaidacea registraron valores \bar{X} anuales de dominancia (D) entre 3 y 5 %, ubicándose en determinados momentos del año entre los tres principales grupos dominantes ([Tabla 4a](#)). Los restantes 19 taxa encontrados (Ciliophora, Foraminifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Rotifera, Polychaeta, Gastropoda, Tardigrada, Hidrachnidia, Cyclopoidea, Cladocera, Cirripedia, Amphipoda, Cumacea, Isopoda, Decapoda, Ephemeroptera, Trichoptera, y Diptera) mostraron valores muy por debajo de los principales taxa dominantes; es decir, < 2 %. En el **2.º año de muestreo** se observó la misma tendencia con los mismos grupos dominantes, pero con los siguientes valores: $\bar{X} = 57,03 \pm 14,04$ % para **Nematoda**, $\bar{X} = 22,83 \pm 13,19$ % para **Bivalvia**, y $\bar{X} = 4,54 \pm 4,97$ % para **Harpacticoida**.

En el **substrato blando** de Punta Indio los **tres grupos más importantes** en **abundancia relativa**, para el **1.º año de muestreo**, fueron los **Ostracoda** con una dominancia (D) en $\bar{X} = 28,81 \pm 18,02$ %, luego prevalecieron los **Cyclopoida** con $\bar{X} = 23,61 \pm 21,56$ %, y en 3.º lugar se registraron los **Nematoda** con $\bar{X} = 9,51 \pm 6,11$ %. Los restantes 19 grupos taxonómicos tuvieron una dominancia < 7 %. Algunos taxa formaron parte de los tres principales grupos dominantes en abundancia en determinado momento del año, *e.g.* larvas de Bivalvia con 21,31 % en junio '02, Harpacticoida con 39,19 % en julio '02, Hidrachnidia con 17,24 % en septiembre '02, y Rotifera con 20,87 % en enero '03. Para el **2.º año de muestreo**, los **Ostracoda** fueron el grupo más abundante con un $\bar{X} = 25,16 \pm 19,22$ % de dominancia. En 2.º

lugar quedaron los **Nematoda**, que incrementaron su (D) con respecto al año anterior, con un $\bar{X} = 24,97 \pm 21,39 \%$, y los **Tardigrada**, otro grupo acompañante en importancia, con un $\bar{X} = 24,97 \pm 17,97 \%$; este último valor aumentó considerablemente con respecto al 1.º año de muestreo. Los demás grupos taxonómicos se mantuvieron en porcentajes de dominancia muy por debajo de los tres principales, con valores anuales $\bar{X} < 5 \%$. En determinados momentos del año, y al igual que en el 1.º año de muestreo, algunos taxa formaron parte de los tres grupos principales dominantes en densidad, *e.g.* los Isopoda con 12,73 % en junio '03, los Oligochaeta con 25 % en septiembre '03, y los Rotifera con 16,78 % en octubre '03 (Tabla 4b).

Tabla 4a. Abundancia de invertebrados bentónicos en el sustrato duro de Punta Indio, en % de dominancia (D). En **negrita** los valores de los grupos dominantes principales. De abr. '02 a mar. '04 (período de estudio), * (sin dato), X (presencia), M (media anual) y dS (desvío estándar); n = 110.

Taxa	1.º año de muestreo			D %			Punta Indio			subs. duro			M	dS
	abr. '02	may. '02	jun. '02	jul. '02	ago. '02	sep. '02	oct. '02	nov.'02	dic. '02	ene. '03	feb. '03	mar. '03		
1 <i>Ciliophora</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2 <i>Foraminifera</i>	1,96	*	0,36	1,42	0	0,54	0	0	0,28	0	0,06	0	0,42	0,67
3 <i>Cnidaria</i>	X	*	0	X	0	X	0	0	X	X	0	0	X	X
4 <i>Platyhelminthes</i>	0	*	0,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,05
5 <i>Rotifera</i>	0	*	0	0	0	0	0	0,24	0	0,07	0,69	0	0,09	0,21
6 <i>Nematoda</i>	54,16	*	53,21	47,14	49,68	45,43	48,34	62,25	84,80	49,02	18,11	68,40	52,78	16,41
7 <i>Oligochaeta</i>	0,24	*	0,71	1,83	14,65	11,83	18,88	0,24	1,71	0,26	0,20	1,28	4,71	6,89
8 <i>Polychaeta</i>	1,96	*	2,68	1,22	3,18	4,03	0,92	0,47	0,14	0,85	0,14	0,64	1,48	1,31
9 <i>Bivalvia</i>	27,54	*	22,67	9,80	13,44	9,35	15,12	7,21	5,66	44,47	79,18	21,58	23,28	21,69
10 <i>Gastropoda</i>	0,71	*	0,36	0	0	1,08	0	0	0	0,33	0	0,16	0,24	0,36
11 <i>Tardigrada</i>	0	*	0	0	0,32	0,81	0	0,71	0,14	0	0	0	0,18	0,30
12 <i>Hidrachnidia</i>	1,34	*	1,79	2,44	1,27	0,81	0,92	0	0	0,26	0,03	0,48	0,85	0,80
13 <i>Harpacticoida</i>	7,49	*	10,18	11,79	5,41	14,25	10,59	4,50	2,70	1,45	0,37	1,76	6,41	4,74
14 <i>Cyclopoida</i>	0	*	0,18	0,20	0	1,08	0,46	0,47	0	0	0	0,16	0,23	0,33
15 <i>Cladocera</i>	0	*	0,18	0,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,13
16 <i>Ostracoda</i>	1,02	*	1,61	20,52	6,37	3,76	0,92	0	0,85	0,07	0	0,16	3,21	6,07
17 <i>Cirripedia</i>	0,25	*	0,19	0,71	0,89	1,13	0,16	0,40	0,15	0,07	0,11	0,06	0,37	0,37
18 <i>Amphipoda</i>	1,65	*	3,04	1,02	0,32	0,81	0,46	1,03	0,57	0,13	0,03	0,32	0,85	0,86
19 <i>Tanaidacea</i>	0,74	*	1,61	1,42	1,59	2,42	3,22	18,93	2,56	2,96	0,86	4,16	3,68	5,17
20 <i>Cumacea</i>	0	*	0	0	0	0,27	0	0	0	0	0	0	0,02	0,08
21 <i>Isopoda</i>	0,95	*	0,71	0	0	0,81	0	1,89	0,43	0,07	0,11	0,80	0,52	0,59
22 <i>Decapoda</i>	0	*	0	0,07	0	0	0	1,18	0	0	0,01	0,06	0,12	0,35
23 <i>Ephemeroptera</i>	0	*	0	0	0	0	0	0,24	0	0	0,06	0	0,03	0,07
24 <i>Trichoptera</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
25 <i>Diptera</i>	0	*	0,36	0	2,87	1,61	0	0,24	0	0	0,03	0	0,46	0,93
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
N (ind./m ²)	121.543	*	160.000	187.467	119.619	141.714	82.743	160.952	267.752	579.771	1.325.086	238.362	307.728	363.523

CONTINUACIÓN

Taxa	2.º año		de muestreo		D %			Punta Indio			subs. duro		M	dS
	abr. '03	may. '03	jun. '03	jul. '03	ago. '03	sep. '03	oct '03	nov'03	dic '03	ene. '04	feb. '04	mar. '04		
1 Ciliophora	0,18	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,05
2 Foraminifera	0	*	0,14	0	1,73	0	0,24	0	0,27	0	0	0	0,22	0,51
3 Cnidaria	0	*	X	0	X	0	0	X	0	0	0	X	X	X
4 Platyhelminthes	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5 Rotifera	0,73	*	0,42	0	0	0	0	0	1,61	0	0	0	0,25	0,51
6 Nematoda	62,89	*	64,55	50,06	28,62	52,03	48,00	45,95	58,67	80,30	70,16	66,10	57,03	14,05
7 Oligochaeta	3,46	*	0,98	1,85	3,47	4,81	3,09	2,07	4,58	3,91	1,74	2,58	2,96	1,23
8 Polychaeta	0,91	*	1,12	1,11	2,02	0,44	0,24	0,77	4,31	0,71	2,91	0,23	1,34	1,26
9 Bivalvia	24,83	*	22,85	20,47	55,91	35,55	18,02	12,47	11,76	8,40	20,70	20,19	22,83	13,19
10 Gastropoda	0,18	*	0	0,55	0	0,44	0,48	0	0,27	0,42	0	0	0,21	0,23
11 Tardigrada	0,18	*	2,53	13,11	1,45	0	10,93	0,26	4,31	0	0	0	2,98	4,70
12 Hidrachnidia	1,46	*	1,12	2,22	0,87	0	0,48	0,26	0,40	0,42	0,35	0,70	0,75	0,64
13 Harpacticoidea	2,37	*	3,51	5,17	1,16	1,75	9,74	16,52	7,40	0,99	0,35	0,94	4,54	4,97
14 Cyclopoidea	0	*	0	0,18	0,29	0	0,24	0	0	0	0	0,23	0,09	0,12
15 Cladocera	0	*	0	0	0	0	0,24	0,26	2,15	0	0	0	0,24	0,64
16 Ostracoda	0,55	*	0,70	1,66	0	1,31	1,43	0	0,13	0,71	0	3,28	0,89	1,00
17 Cirripectia	0,06	*	0,25	0,78	0,91	0,46	0	0,27	0,24	0,05	0,24	0,25	0,32	0,29
18 Amphipoda	0	*	0	0,55	1,16	0,44	0,24	0,52	0,27	0,14	0,71	0,47	0,41	0,34
19 Tanaidacea	2,01	*	1,68	0,92	2,31	2,62	6,18	20,14	2,29	3,81	2,79	4,22	4,45	5,39
20 Cumacea	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,23	0,02	0,07
21 Isopoda	0,18	*	0,14	1,29	0	0	0	0,52	0	0,14	0	0	0,21	0,39
22 Decapoda	0	*	0	0,06	0,10	0,15	0	0	0,13	0	0,06	0,57	0,10	0,17
23 Ephemeroptera	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
24 Trichoptera	0	*	0	0	0	0	0	0	0,27	0	0	0	0,02	0,08
25 Diptera	0	*	0	0	0	0	0,48	0	0,94	0	0	0	0,13	0,31
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
N (ind./m²)	208.971	*	271.467	206.248	131.771	87.124	160.324	147.562	283.103	269.924	218.819	162.533	195.259	63.445

Nota: los taxa en colores hacen referencia a la frecuencia de ocurrencia, ver Tabla 3a.

Tabla 4b. Abundancia de invertebrados bentónicos en el sustrato blando de Punta Indio, en % de dominancia (D). En **negrita** los valores de los grupos dominantes principales. De abr. '02 a mar. '04 (período de estudio), * (sin dato), M (media anual) y dS (desvío estándar); n = 110.

		1.º año			de	muestreo			D %		Punta		Indio	subs.		blando		
	Taxa	abr. '02	may. '02	jun. '02	jul '02	ago. '02	sep. '02	oct. '02	nov.'02	dic. '02	ene. '03	feb. '03	mar. '03	M	dS			
1	<i>Ciliophora</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
2	<i>Foraminifera</i>	5,50	*	1,64	7,43	3,45	0	2,17	0,70	1,15	0,87	2,42	0	2,30	2,34			
3	<i>Cnidaria</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
4	<i>Rotifera</i>	0,92	*	1,31	0,23	0	0	0,72	0	0	20,87	0,27	0	2,21	6,20			
5	<i>Nematoda</i>	21,10	*	8,52	15,32	10,34	17,24	5,07	2,80	8,05	9,57	3,49	3,13	9,51	6,11			
6	<i>Oligochaeta</i>	2,75	*	0,66	1,13	1,72	5,17	1,45	0	2,30	2,61	2,15	15,63	3,23	4,32			
7	<i>Bivalvia</i>	0	*	21,31	0,68	1,72	0	0	0	0	12,17	32,26	0	6,19	11,06			
8	<i>Gastropoda</i>	13,76	*	0,98	0	0	0	0,72	0	0	2,61	4,57	0	2,06	4,15			
9	<i>Tardigrada</i>	0	*	0	0,45	1,72	0	2,17	10,49	3,45	0,87	1,61	0	1,89	3,07			
10	<i>Hidrachnidia</i>	0,92	*	0,98	1,58	0	17,24	2,17	0	3,45	2,61	0,81	0	2,71	4,95			
11	<i>Harpacticoida</i>	3,67	*	10,49	39,19	6,90	1,72	2,90	0	0	3,48	0	0	6,21	11,43			
12	<i>Cyclopoida</i>	11,93	*	14,10	10,59	3,45	15,52	61,59	60,14	20,69	0	18,01	43,75	23,61	21,56			
13	<i>Calanoidea</i>	0	*	2,95	0,45	0	3,45	1,45	0	1,15	3,48	0,54	15,63	2,64	4,51			
14	<i>Cladocera</i>	0	*	1,31	4,73	0	0	0	0,70	0	18,26	17,47	0	3,86	7,07			
15	<i>Ostracoda</i>	33,03	*	35,41	14,86	60,34	39,66	17,39	23,78	56,32	18,26	14,78	3,13	28,81	18,02			
16	<i>Amphipoda</i>	0	*	0	0,90	1,72	0	0	0	0	0	0	0	0,24	0,56			
17	<i>Tanaidacea</i>	0	*	0	0	3,45	0	1,45	0	0	1,74	0,27	0	0,72	1,09			
18	<i>Cumacea</i>	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0,81	15,63	1,66	4,65			
19	<i>Isopoda</i>	3,67	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,13	0,83	1,45			
20	<i>Collembola</i>	2,75	*	0	1,13	0	0	0	0	0	0,87	0	0	0,43	0,87			
21	<i>Ephemeroptera</i>	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27	0	0,02	0,08			
22	<i>Diptera</i>	0	*	0	1,35	5,17	0	0,72	0	0	1,74	0,27	0	0,84	1,56			
	Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100					
	N (ind./m²)	27.250	*	76.250	111.000	14.500	14.500	34.500	35.750	21.750	28.750	93.000	8000	42.295	34.786,64			

CONTINUACIÓN

Taxa	2.º año de muestreo D %				Punta Indio				subs. blando				M	dS
	abr. '03	may. '03	jun. '03	jul. '03	ago. '03	sep. '03	oct. '03	nov'03	dic. '03	ene. '04	feb. '04	mar. '04		
1 <i>Ciliophora</i>	0	*	10,91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,99	3,29
2 <i>Foraminifera</i>	2,55	*	0	0	0	0	6,99	0	0	0	2,94	0	1,14	2,23
3 <i>Cnidaria</i>	0,51	*	0	0	8,33	3,13	0	0,05	0,25	0	0	0	1,12	2,57
4 <i>Rotifera</i>	0	*	3,64	6,82	0	0	16,78	0	0,99	0	0	0	2,57	5,20
5 <i>Nematoda</i>	12,76	*	3,64	3,98	58,33	9,38	0	58,77	38,77	22,02	27,94	39,15	24,97	21,39
6 <i>Oligochaeta</i>	1,02	*	5,45	10,80	8,33	25,00	0,70	0,31	0,74	0	1,47	0	4,89	7,63
7 <i>Bivalvia</i>	10,20	*	1,82	0	0	3,13	2,80	0	0	3,67	6,62	0	2,57	3,31
8 <i>Gastropoda</i>	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	2,21	0,53	0,25	0,67
9 <i>Tardigrada</i>	35,20	*	40,00	40,91	0	9,38	28,67	36,22	53,33	19,27	0	11,64	24,97	17,97
10 <i>Hidrachnidia</i>	1,02	*	5,45	1,70	16,67	0	0	0,47	0	0	0	0,53	2,48	4,96
11 <i>Harpacticoida</i>	0	*	1,82	1,14	0	9,38	8,39	1,36	0	1,83	0	2,12	2,37	3,33
12 <i>Cyclopoida</i>	2,55	*	5,45	5,11	0	3,13	11,19	0,05	2,47	0	1,47	2,12	3,05	3,28
13 <i>Calanoidea</i>	0	*	0	0	0	0	0,70	0,05	0	0	1,47	0,53	0,25	0,47
14 <i>Cladocera</i>	0	*	0	1,14	0	0	2,10	0	0,74	0	3,68	0	0,70	1,20
15 <i>Ostracoda</i>	34,18	*	1,82	27,84	8,33	37,50	20,28	1,93	2,47	51,38	49,26	41,80	25,16	19,22
16 <i>Amphipoda</i>	0	*	0	0	0	0	0	0,10	0	1,83	0	0	0,18	0,55
17 <i>Tanaidacea</i>	0	*	0	0	0	0	0	0,21	0	0	1,47	0,53	0,20	0,45
18 <i>Cumacea</i>	0	*	7,27	0,57	0	0	0	0	0	0	0	0,53	0,76	2,17
19 <i>Isopoda</i>	0	*	12,73	0	0	0	0	0	0,25	0	1,47	0	1,31	3,81
20 <i>Collembola</i>	0	*	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0,53	0,05	0,16
21 <i>Ephemeroptera</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
22 <i>Diptera</i>	0	*	0	0	0	0	0	0,42	0	0	0	0	0,04	0,13
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
N (ind./m ²)	49.000	*	13.750	44.000	3000	8000	35.750	479.000	101.250	27.250	34.000	47.250	76.568	136.092,34

Nota: los taxa en colores hacen referencia a la frecuencia de ocurrencia, ver [Tabla 3b](#).

En el **substrato duro** de **Playa Bagliardi** los **tres grupos** más **importantes** en **abundancia relativa** para el **1.º año de muestreo** fueron los **Bivalvia**, con una dominancia (D) anual en $\bar{X} = 51,15 \pm 26,63 \%$, luego prevalecen los **Nematoda** con $\bar{X} = 24,26 \pm 17,27 \%$, y en 3.º lugar se registraron los **Oligochaeta** con $10,37 \pm 10,03 \%$. Los Rotifera, Hirudinea, Gastropoda, Tanaidacea y Diptera alcanzaron valores \bar{X} anuales de dominancia (D) entre 1 y 5 %. Los restantes 12 taxa como Ciliophora, Cnidaria, Platyhelminthes, Tardigrada, Hidrachnidia, Harpacticoidea, Cyclopoidea, Calanoidea, Cladocera, Ostracoda, Amphipoda, y larvas de Coleoptera registraron valores muy por debajo de los taxa dominantes; es decir, $< 1 \%$. Para el **2.º año de muestreo** se observó una tendencia similar con los mismos grupos dominantes, pero con los siguientes valores: **Bivalvia** con $\bar{X} = 43,99 \pm 30,40 \%$, **Nematoda** con $\bar{X} = 33,7 \pm 30,02 \%$; y **Oligochaeta** con $\bar{X} = 8,87 \pm 7,35 \%$. Grupos como Hirudinea, Gastropoda, Tanaidacea y larvas de Diptera, al igual que el 1.º año de muestreo, alcanzaron valores \bar{X} anuales de dominancia (D) entre 1 y 5 %. Algunos taxa formaron parte de los tres principales grupos dominantes en abundancia en determinado momento del año, *e.g.* larvas de Diptera con 17,56 % en octubre '03; y Tanaidacea con 6,34 % en noviembre, con 16,56 % en diciembre; y con 14,5 % en enero '03 (Tabla 4c).

En el **substrato blando** de **Playa Bagliardi** los **tres grupos** más **importantes** en **abundancia relativa**, para el **1.º año de muestreo**, fueron los **Nematoda**, con una dominancia (D) en $\bar{X} = 23,78 \pm 7,78 \%$, seguido de las larvas de **Bivalvia** con $\bar{X} = 22,8 \pm 27,68 \%$; y en 3.º lugar los **Rotifera** con $\bar{X} = 20,36 \pm 27,07 \%$. Los Cyclopoidea alcanzaron un $\bar{X} = 11,35 \pm 17,64 \%$; mientras que los restantes 15 grupos taxonómicos que se encontraron, no superaron el 5 % de dominancia. Algunos taxa formaron parte de los tres grupos dominantes principales en abundancia en determinados momentos del año, *e.g.* los Hidrachnidia con 19,05 % en junio '02 y con 13,27 % en julio '02; los Tardigrada con 28,41 % en setiembre '02; y los Calanoida con 23,43 % en octubre '02. Para el **2.º año de muestreo**, los **Nematoda** siguen siendo el grupo más abundante con $\bar{X} = 28,59 \pm 25,54 \%$ de dominancia, seguido de las larvas de **Bivalvia** con $\bar{X} = 20,22 \pm 20,25 \%$; y en 3.º lugar se encontraron los **Hidrachnidia** con $\bar{X} = 12,57 \pm 16,08 \%$; desplazando de esa posición a los Rotifera, que en el 2.º año de muestreo llegaron a una dominancia anual baja, con $\bar{X} = 6,66 \%$. Sin embargo, los Rotifera alcanzaron picos importantes de

dominancia en determinados momentos del año, como por ejemplo en noviembre '03 con 22,54 %. Los demás 15 taxa contribuyeron con valores muy bajos de abundancia ($< 6,5$ %) como para ser considerados en la categoría de dominantes. En este 2.º año de muestreo, los Cyclopoidea no alcanzaron a obtener la misma performance que el año anterior, a pesar de haber tenido picos importantes con 38,46 % en setiembre '03; y 18,18 % en marzo '04 ([Tabla 4d](#)).

Tabla 4c. Abundancia de invertebrados bentónicos en el sustrato duro de Playa Bagliardi, en % de dominancia (D). En **negrita** los valores de grupos dominantes principales. De abr. '02 a mar. '04 (período de estudio), * (sin dato), X (presencia), M (media anual) y dS (desvío estándar); n = 110.

	1.º año de muestreo D %													Playa Bagliardi		subs. duro	
Taxa	abr. '02	may. '02	jun. '02	jul. '02	ago. '02	sep. '02	oct. '02	nov.'02	dic. '02	ene. '03	feb. '03	mar. '03	M	dS			
1 Ciliophora	0	*	0	0	X	0	X	0	0	0	X	X	X	X			
2 Cnidaria	X	*	X	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	X			
3 Platyhelminthes	0	*	0	0	0	0	0,28	0	0	0,07	0	0	0,03	0,09			
4 Rotifera	0,23	*	5,53	8,44	1,78	1,63	0,37	4,33	13,31	5,01	12,76	0,27	4,88	4,79			
5 Nematoda	3,81	*	22,86	44,44	55,10	42,41	15,27	29,14	5,42	17,95	25,51	4,97	24,26	17,27			
6 Hirudinea	0,14	*	1,03	0,30	1,37	1,41	7,03	0,21	0,82	0,67	0,76	0,24	1,27	1,96			
7 Oligochaeta	6,84	*	11,58	28,45	29,61	11,93	3,53	0,67	0,87	4,93	10,97	4,72	10,37	10,03			
8 Bivalvia	86,75	*	54,34	15,45	9,10	24,84	47,56	56,01	76,58	65,31	42,21	84,56	51,15	26,63			
9 Gastropoda	0,20	*	0,52	0	0	0,11	0,37	1,34	1,16	4,11	3,95	3,28	1,37	1,62			
10 Tardigrada	0,01	*	0,41	0,30	0,29	6,72	2,34	0,26	0	0,07	0	0	0,95	2,03			
11 Hidrachnidia	0,31	*	1,34	0,40	0,52	0,65	0,09	0,36	0,15	0,60	0,30	0,05	0,44	0,36			
12 Harpacticoida	0,15	*	0	0,20	0	0,33	0	0	0,05	0	0	0,05	0,07	0,11			
13 Cyclopoida	0	*	0	0	0	0,22	0,09	0	0	0,07	0	0,05	0,04	0,07			
14 Calanoida	0	*	0	0,10	0	0,11	0,66	0	0	0	0,30	0	0,11	0,20			
15 Cladocera	0	*	0,10	0	0	0	0	0,10	0	0,07	0,15	0,33	0,07	0,10			
16 Ostracoda	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,01	0,03			
17 Amphipoda	0,03	*	0,10	0,10	0,17	0,87	6,93	0,41	0,53	0,15	0	0	0,85	2,03			
18 Tanaidacea	1,37	*	1,86	1,41	0,17	0,87	14,90	6,96	0,92	0,60	2,43	1,31	2,98	4,34			
19 Diptera	0,15	*	0,31	0,40	1,89	7,92	0,56	0,21	0,19	0,37	0,66	0,05	1,16	2,30			
20 Coleoptera	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100					
N (ind./m²)	834.862	*	368.303	378.933	663.676	351.257	406.629	738.648	787.352	509.486	250.838	697.619	544.328	205.158,74			

CONTINUACIÓN

Taxa	2.º año de muestreo D % Playa Bagliardi subs. duro												M	dS
	abr '03	may '03	jun '03	jul '03	ago '03	sep '03	oct '03	nov'03	dic '03	ene '04	feb '04	mar '04		
1 Ciliophora	X	*	X	X	X	X	X	X	0	0	X	X	X	X
2 Cnidaria	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X
3 Platyhelminthes	0,03	*	0,35	0	0,03	0	0	0,19	0	0	0,70	0,32	0,15	0,23
4 Rotifera	0,03	*	1,92	0,73	0,39	0	0	0,28	1,09	0	0	0,41	0,44	0,60
5 Nematoda	4,76	*	65,59	82,19	70,97	50,57	46,31	20,35	7,87	3,02	12,61	6,49	33,70	30,02
6 Hirudinea	0,33	*	1,01	0,56	1,75	2,45	2,83	0,85	0,54	1,23	0,23	0,35	1,10	0,88
7 Oligochaeta	4,21	*	6,51	4,78	14,13	24,60	1,70	3,35	4,34	9,53	19,15	5,30	8,87	7,35
8 Bivalvia	89,06	*	22,88	8,74	10,23	14,12	16,02	61,59	59,83	71,00	49,20	81,28	43,99	30,40
9 Gastropoda	0,16	*	0,23	0,21	0	0,20	0,71	0,85	7,33	0,39	14,48	1,35	2,36	4,54
10 Tardigrada	0	*	0,23	1,45	1,16	1,23	12,60	4,64	0	0	0,12	0,14	1,96	3,78
11 Hidrachnidia	0,09	*	0,35	0,78	0,29	1,84	0,85	0,09	0,54	0	0,23	0,18	0,48	0,53
12 Harpacticoida	0	*	0	0,10	0,10	0	0	0	0	0	0	0,05	0,02	0,04
13 Cyclopoida	0	*	0	0	0	0,41	0	0	0	0	0	0,05	0,04	0,12
14 Calanoida	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15 Cladocera	0	*	0	0,10	0,10	0	0	0,19	0	0	0	0	0,03	0,06
16 Ostracoda	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
17 Amphipoda	0,09	*	0,12	0,28	0	0,07	0,57	0,41	1,36	0,13	0,12	0,50	0,33	0,39
18 Tanaidacea	1,07	*	0,81	0,10	0,67	1,23	0,85	6,34	16,56	14,57	3,04	3,56	4,44	5,80
19 Diptera	0,13	*	0	0	0,19	3,28	17,56	0,85	0,54	0,13	0,12	0,05	2,08	5,22
20 Coleoptera	0,03	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,01
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
N (ind./m²)	1.208.114	*	32.7600	785.657	395.067	186.095	269.010	402.419	140.342	290.267	326.571	845.524	470.606	331.432

Nota: los taxa en colores hacen referencia a la frecuencia de ocurrencia, ver [Tabla 3c](#).

Tabla 4d. Abundancia de invertebrados bentónicos en el sustrato blando de Playa Bagliardi, en % de dominancia (D). En **negrita** los valores de los grupos dominantes principales. De abr. '02 a mar. '04 (período de estudio), * (sin dato), X (presencia), M (media anual) y dS (desvío estándar); n = 110.

Taxa	1.º año de muestreo D % Playa Bagliardi subs. blando												M	dS
	abr. '02	may. '02	jun. '02	jul. '02	ago. '02	sep. '02	oct. '02	nov. '02	dic. '02	ene. '03	feb. '03	mar. '03		
1 <i>Ciliophora</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2 Rotifera	1,35	*	4,76	4,42	75,00	5,68	6,86	7,06	8,49	58,44	50,99	0,87	20,36	27,07
3 Nematoda	13,51	*	33,33	17,70	12,50	29,55	24,00	29,41	35,79	25,11	22,53	18,18	23,78	7,78
4 <i>Oligochaeta</i>	0,68	*	0	0	6,25	0	0	0	0	1,30	1,19	0	0,86	1,86
5 Bivalvia	76,35	*	23,81	0	0	4,55	2,29	14,12	41,33	6,06	12,65	69,70	22,80	27,68
6 <i>Gastropoda</i>	2,03	*	0	0,88	0	0	2,29	1,18	9,23	0	0,79	6,49	2,08	3,03
7 <i>Tardigrada</i>	0	*	0	0	0	28,41	7,43	14,12	0,74	0	0	0,87	4,69	9,06
8 Hidrachnidia	4,05	*	19,05	13,27	4,17	2,27	3,43	2,35	0	1,73	1,58	0	4,72	5,96
9 <i>Harpacticoida</i>	0,68	*	4,76	1,77	0	0	0	1,18	0,37	0,87	0	0,43	0,91	1,40
10 <i>Cyclopoida</i>	0	*	4,76	57,52	0	15,91	26,29	15,29	0,74	0	4,35	0	11,35	17,64
11 <i>Calanoida</i>	0	*	0	2,65	0	12,50	23,43	3,53	0,37	0,43	0,40	2,16	4,13	7,36
12 <i>Cladocera</i>	0,68	*	0	0	2,08	1,14	3,43	5,88	0	4,76	5,14	0,87	2,18	2,24
13 <i>Ostracoda</i>	0	*	0	0	0	0	0	4,71	2,58	0,43	0	0	0,70	1,54
14 <i>Amphipoda</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
15 <i>Tanaidacea</i>	0,68	*	0	0	0	0	0,57	0	0	0	0	0	0,11	0,25
16 <i>Cumacea</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
17 <i>Collembola</i>	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0,40	0,43	0,08	0,17
18 <i>Thysanoptera</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
19 <i>Diptera</i>	0	*	9,52	1,77	0	0	0	1,18	0,37	0,87	0	0	1,25	2,81
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
N (ind./m ²)	37.000	*	5250	28.250	12.000	22.000	43.750	21.250	67.750	57.750	63.250	57.750	37.818	21.718

CONTINUACIÓN

Taxa	2.º año de muestreo D %												Playa Bagliardi		Subs. blando		M	dS
	abr. '03	may. '03	jun. '03	jul. '03	ago. '03	sep. '03	oct. '03	nov. '03	dic. '03	ene. '04	feb. '04	mar. '04						
1 <i>Ciliophora</i>	0	*	0	X	0	X	0	0	0	X	0	0	X	X			X	X
2 <i>Rotifera</i>	8,33	*	10,00	11,40	4,41	8,79	0	22,54	0	7,83	0	0	6,66	6,91				
3 <i>Nematoda</i>	40,28	*	20,00	26,94	22,79	17,58	100,00	33,80	10,00	21,21	9,18	12,73	28,59	25,54				
4 <i>Oligochaeta</i>	0	*	6,67	0,52	0,74	8,79	0	2,11	0	1,77	4,08	5,45	2,74	3,07				
5 <i>Bivalvia</i>	45,14	*	50,00	2,59	1,47	1,10	0	19,72	0	25,76	43,88	32,73	20,22	20,25				
6 <i>Gastropoda</i>	0	*	0	0	0	0	0	2,82	0	36,87	3,06	5,45	4,38	10,93				
7 <i>Tardigrada</i>	5,56	*	3,33	10,36	11,03	9,89	0	4,23	0	1,77	13,27	3,64	5,73	4,66				
8 <i>Hidrachnidia</i>	0	*	0	34,20	35,29	2,20	0	2,82	40,00	0	9,18	14,55	12,57	16,08				
9 <i>Harpacticoida</i>	0	*	0	2,07	1,47	0	0	0	0	0	0	0	0,32	0,73				
10 <i>Cyclopoida</i>	0	*	0	2,59	2,21	38,46	0	2,11	0	0,25	6,12	18,18	6,36	11,91				
11 <i>Calanoida</i>	0	*	0	1,04	1,47	6,59	0	0	0	0	1,02	5,45	1,42	2,35				
12 <i>Cladocera</i>	0,69	*	0	2,59	5,15	2,20	0	8,45	40,00	0,25	8,16	0	6,14	11,67				
13 <i>Ostracoda</i>	0	*	0	0	0	1,10	0	0	0	0	0	0	0,10	0,33				
14 <i>Amphipoda</i>	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0,51	0	0	0,05	0,15				
15 <i>Tanaidacea</i>	0	*	0	0,52	0	0	0	1,41	10,00	2,53	0	0	1,31	2,99				
16 <i>Cumacea</i>	0	*	3,33	0,52	4,41	0	0	0	0	0	0	1,82	0,92	1,58				
17 <i>Collembola</i>	0	*	3,33	1,04	1,47	0	0	0	0	0	0	0	0,53	1,06				
18 <i>Hemiptera</i>	0	*	3,33	0	0,74	0	0	0	0	0	1,02	0	0,46	1,02				
19 <i>Diptera</i>	0	*	0	3,63	7,35	3,30	0	0	0	1,26	1,02	0	1,51	2,36				
Total (%)	100	*	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100						
N (ind./m ²)	36.000	*	7250	48.250	34.000	22.750	3000	35.500	2500	99.000	24.500	13.750	29.682	27.432				

Nota: los taxa en colores hacen referencia a la frecuencia de ocurrencia, ver Tabla 3d.


Diversidad alfa (α)

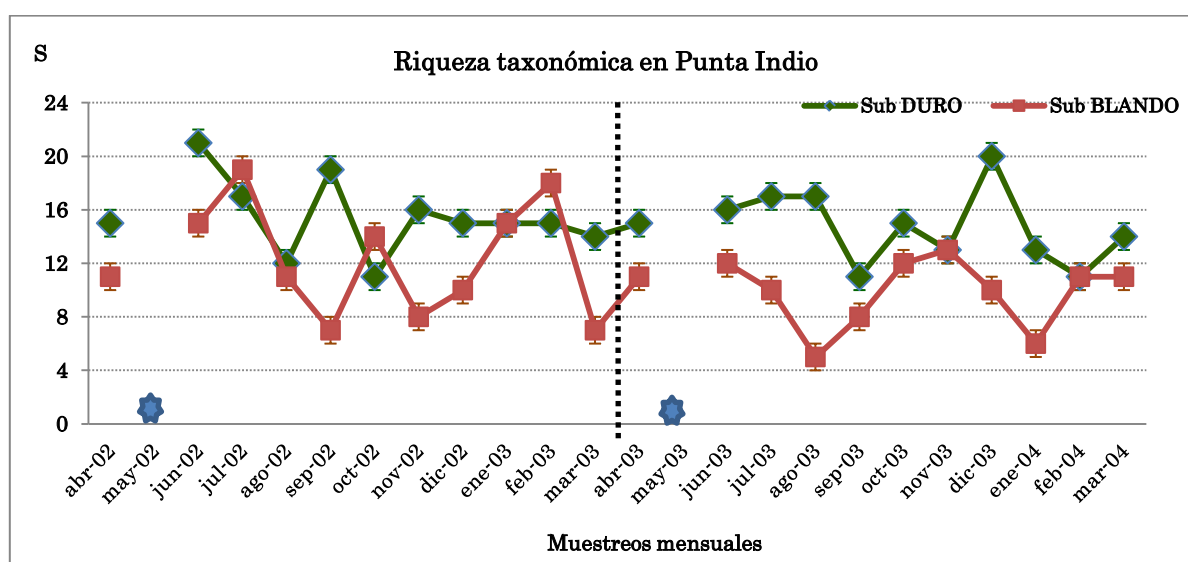
Riqueza taxonómica (S)

En líneas generales, la **riqueza taxonómica (S) mensual** en **Punta Indio** fue **mayor en el sustrato duro que en el sustrato blando**, en los dos años de muestreos. Para el 1.º año de muestreo la mayor riqueza taxonómica registrada en el sustrato duro fue de 21 taxa (jun. '02), y el menor registro fue de 11 taxa (oct. '02). En el sustrato blando se registró la mayor riqueza con 19 taxa (jul. '02), y la menor (S) con 7 taxa (sep. '02).

Para el 2.º año de muestreo, la más alta riqueza taxonómica en el sustrato duro alcanzó a 20 taxa (dic. '03), mientras que la menor se registró con 11 taxa (sep. '03). En el sustrato blando la mayor riqueza (S) fue de 13 taxa (nov. '03), mientras que el menor valor fue de 7 taxa (ago. '03; Fig. 11a).

La prueba t de Student demostró que **se encontraron diferencias significativas en la riqueza de invertebrados (S) entre el sustrato duro y blando de Punta Indio** ($t = 4,138$; $gl = 42$; $p = 0,0002$).

Fig. 11a. Riqueza taxonómica (S) de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de Punta Indio; $n = 220$.  Sin datos.



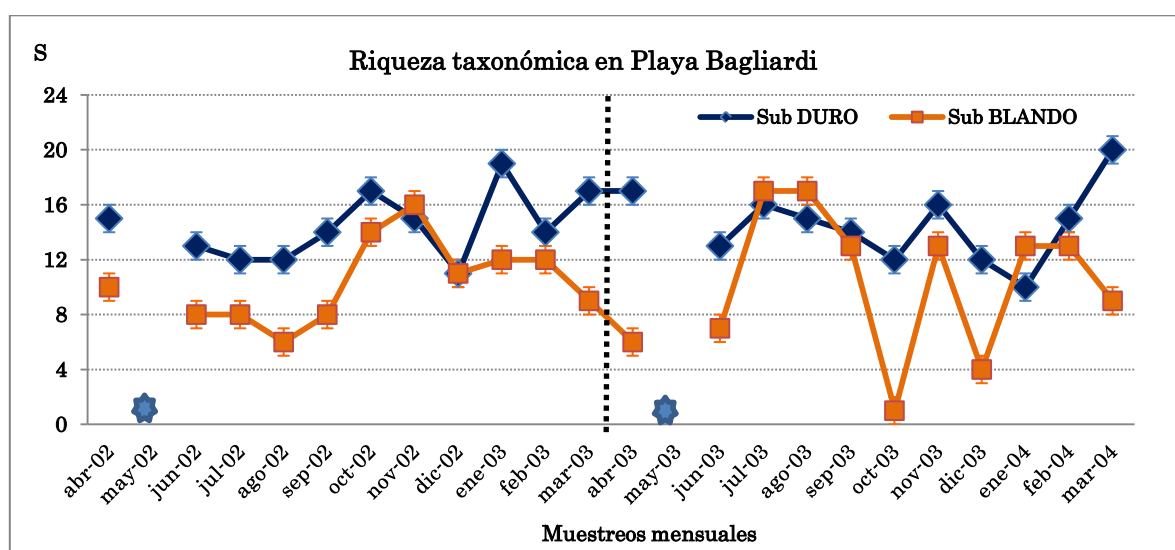
En líneas generales, y al igual que en Punta Indio, la **riqueza taxonómica (S) mensual** en **Playa Bagliardi** fue **mayor en el sustrato duro que en sustrato blando**, en los dos años de muestreos. Para el 1.º año de muestreo, la mayor riqueza sobre el sustrato duro fue de 19 taxa (ene. '03), y el menor registro fue de 11 taxa

(dic. '02). Para el sustrato blando se observó la mayor riqueza con 14 taxa (oct. '02), y la menor riqueza con 6 taxa (ago. '02).

Para el 2.º año de muestreo, el mayor valor de (S) para el sustrato duro fue de 20 taxa (mar. '04), mientras que el menor registro fue de 10 taxa (ene. '04). En el sustrato blando la mayor riqueza fue de 17 taxa (jul. '03 y ago. '03), y sólo 1 taxon se encontró en oct. '03 (Fig. 11b).

La prueba t de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en la riqueza de invertebrados (S) entre el sustrato duro y blando de Playa Bagliardi ($t = 4,011$; $gl = 42$; $p = 0,0002$).

Fig. 11b. Riqueza taxonómica (S) de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de Playa Bagliardi; $n = 220$. ★ Sin datos.



Índices de diversidad de Shannon–Wiener (H')

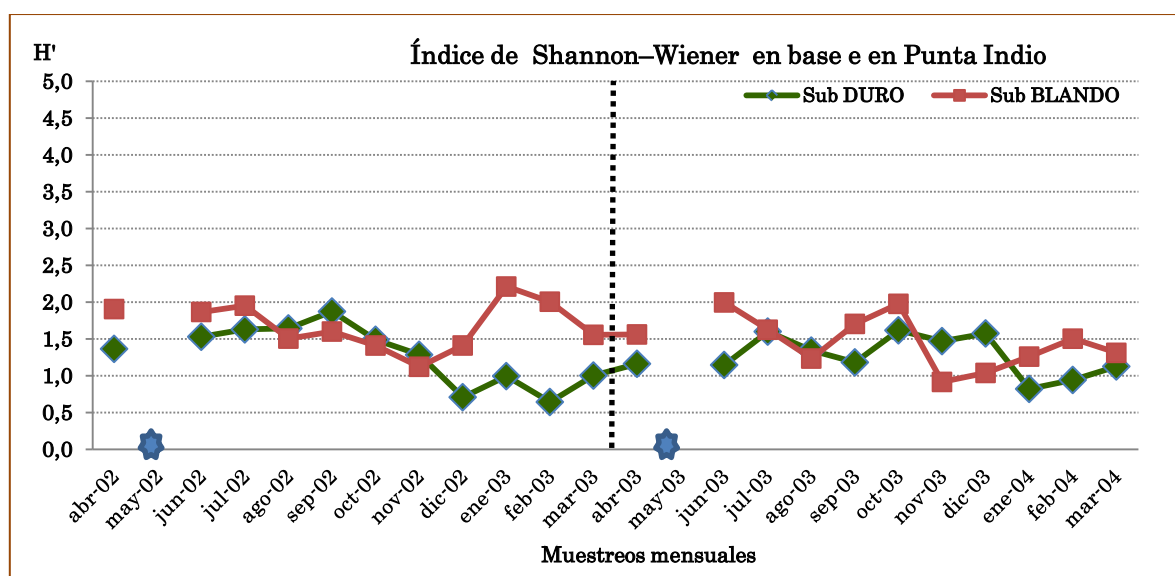
En líneas generales, en **Punta Indio** se registró un índice de **diversidad de Shannon–Wiener (H')**, en log. en base e, **mayor en el sustrato blando que en el sustrato duro**, durante los dos años de muestreos mensuales. Para el 1.º año de muestreo, el mayor índice de diversidad (H') en sustrato duro alcanzó 1,87 (sep. '02), mientras que el menor registro fue de 0,64 (feb. '03). Para el sustrato blando el mayor índice de Shannon–Wiener fue de 2,21 (jul. '02), y el menor con 1,12 (nov. '02).

En el 2.º año de muestreo la mayor diversidad (H') en el sustrato duro llegó a 1,62 (oct. '03), mientras que la menor diversidad (H') fue de 0,82 (ene. '04). En el

substrato blando la mayor diversidad de Shannon–Wiener alcanzó a 2 (jun. '03); mientras que el menor valor de este índice fue 0,92 (nov. '04; Fig. 12a).

La prueba t (Student) demostró que **se encontraron diferencias significativas en la diversidad (H') de invertebrados entre el substrato duro y blando de Punta Indio** ($t = -2,877$; $gl = 42$; $p = 0,006$).

Fig. 12a. Índice de diversidad de Shannon–Wiener (H') de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de Punta Indio; $n = 220$. ★ Sin datos.

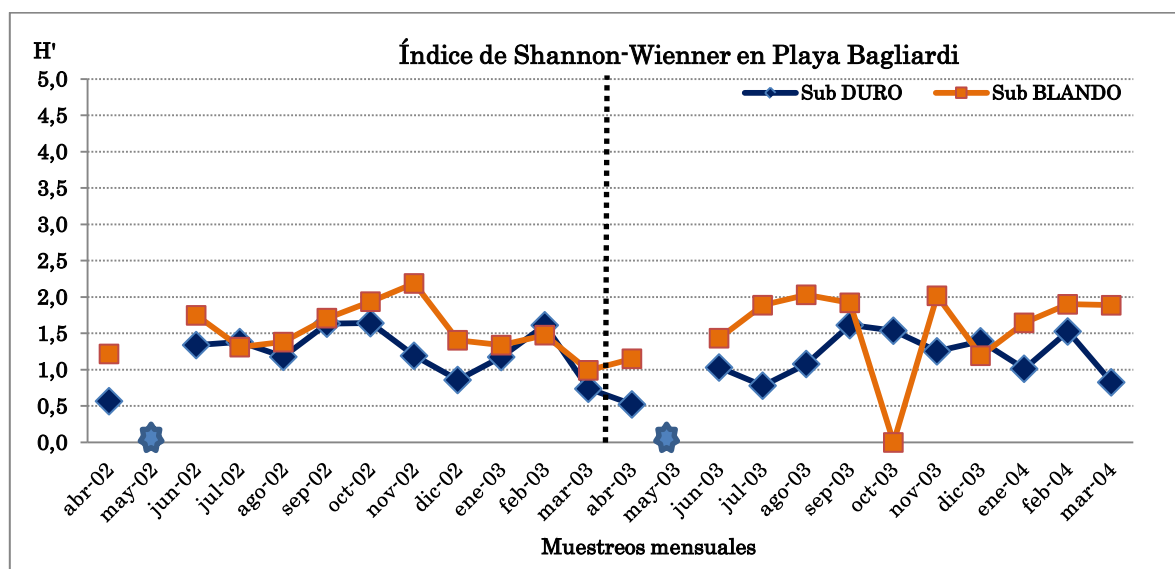


En líneas generales, y al igual que en Punta Indio, el índice de **diversidad de Shannon–Wiener (H')** en Playa Bagliardi fue **mayor en el substrato blando que en el substrato duro**, en los dos años de muestreos mensuales. Para el 1.º año de muestreo el mayor valor del índice de diversidad (H') en el substrato duro se registró 1,64 (oct. '02), y el menor valor fue 0,57 (abr. '02). El substrato blando alcanzó la mayor diversidad (H') con 2,19 (nov. '02), y el menor valor 0,99 (mar. '03).

Para el 2.º año de muestreo el mayor valor del índice de Shannon–Wiener en el substrato duro alcanzó 1,61 (sep. '03); mientras que el menor valor fue de 0,52 (abr. '03). En substrato blando la mayor diversidad (H') llegó a 2,03 (ago. '03), mientras que el menor valor de este índice fue 0 (cero; oct. '03); es decir, la ocurrencia de sólo 1 taxon (Fig. 12b).

La prueba *t* de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en la diversidad (H') de invertebrados entre el sustrato duro y blando de Playa Bagliardi ($t = -2,819$; $gl = 42$; $p = 0,007$).

Fig. 12b. Índice de diversidad de Shannon–Wiener (H') de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de Playa Bagliardi; $n = 220$. ★ Sin datos.



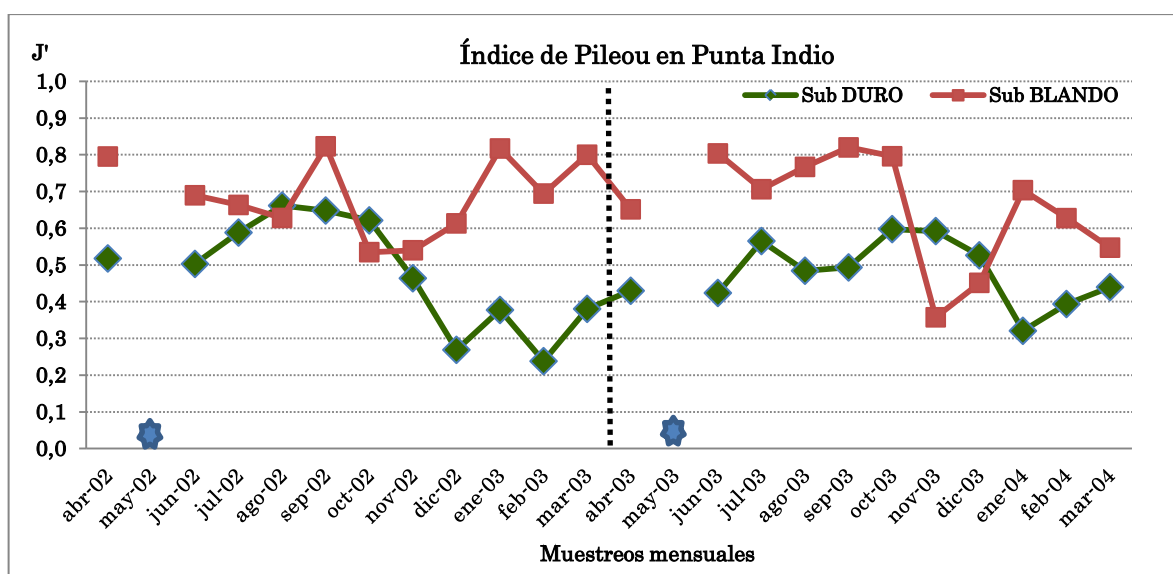
Índice de equitabilidad de Pielou (J')

En líneas generales, en Punta Indio se registró un índice de equitabilidad o uniformidad de Pielou (J') mayor en el sustrato blando que en el sustrato duro, en los dos años de muestreo mensual. Para el 1.º año de muestreo, el mayor índice de Pielou en el sustrato duro alcanzó 0,66 (ago. '02), y el menor valor fue de 0,27 (dic. '02). En el sustrato blando se registró el mayor índice de equidad 0,82 (sep. '02), y el menor valor 0,53 (oct. '02).

Para el 2.º año de muestro la mayor uniformidad (J') en sustrato duro alcanzó 0,6 (oct. '03), mientras que la menor homogeneidad registrada fue de 0,32 (ene. '04). En el sustrato blando la mayor equiparidad llegó a 0,82 (sep. '03), mientras que 0,36 (nov. '03) fue el valor más bajo de este índice (Fig. 13a).

La prueba *t* de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en la equitabilidad (J') entre el sustrato duro y blando de Punta Indio ($t = -5,229$; $gl = 42$; $p = 0,000007$).

Fig. 13a. Índice de equitatividad de Pielou (J') de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de Punta Indio; $n = 220$. ★ Sin datos.

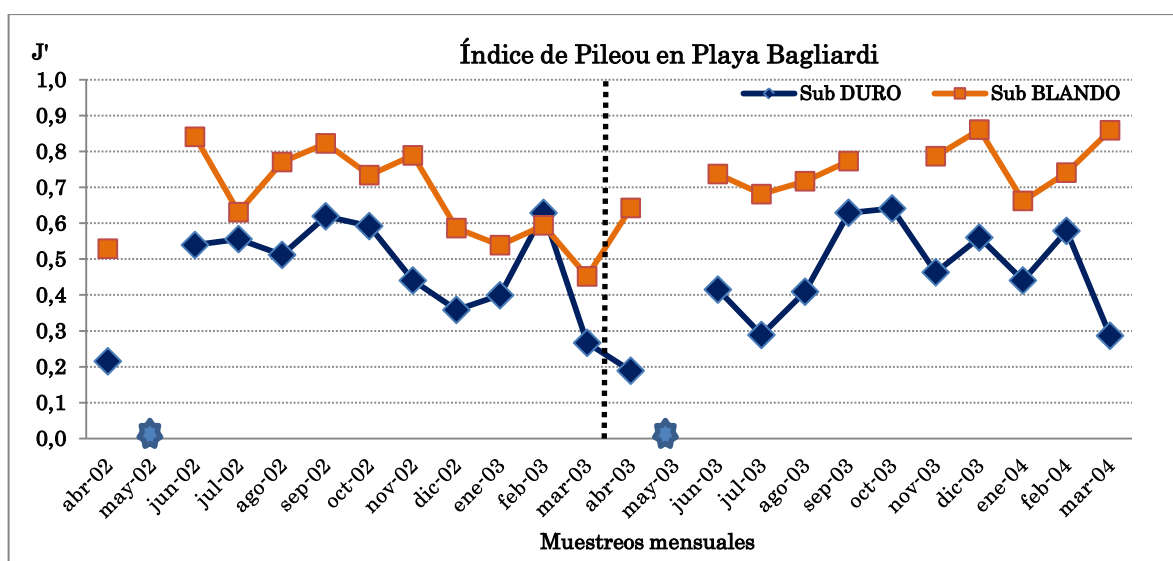


En **Playa Bagliardi** se registró un índice de **equitatividad** de Pielou (J') **mayor en el sustrato blando que en el sustrato duro**, en los dos años de muestreos mensuales. Para el 1.º año de muestreo, el mayor índice de Pielou en sustrato duro se registró con 0,63 (feb. '03), y el menor valor de equidad fue de 0,22 (abr. '02). En el sustrato blando se registró el mayor índice de uniformidad con 0,84 (jun. '02), y el menor 0,45 (mar. '03).

Para el 2.º año de muestreo, la mayor uniformidad (J') en sustrato duro se observó con 0,64 (oct. '03), mientras que el menor valor del índice (J') fue 0,19 (abr. '03). En sustrato blando la mayor equiparidad alcanzó a 0,86 (dic. '03 y mar. '04), mientras que el menor valor de equitatividad fue 0,64 (abr. '03; Fig. 13b), (NOTA: el índice de equitatividad de Pielou (J') en oct. '03 para el sustrato blando no se pudo calcular debido a que la riqueza taxonómica en ese mes fue de 1; por consiguiente, en la figura 13b se observa sin valor).

La prueba t de Student demostró que **se encontraron diferencias significativas en la equitatividad (J') entre el sustrato duro y blando de Playa Bagliardi** ($t = -6,381$; $gl = 42$; $p = 0,0000001$).

Fig. 13b. Índice de equitatividad o uniformidad de Pielou (J') de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de Playa Bagliardi; $n = 220$. * Sin datos.



Índice de dominancia de Simpson (λ)

En líneas generales, en **Punta Indio** se registró un índice de **dominancia de Simpson (λ)** mayor en el substrato duro que en el substrato blando, en los dos años de muestreos mensuales. Para el 1.º año de muestreo el mayor valor del índice λ en el substrato duro alcanzó 0,72 (dic. '02); mientras que el menor registro fue 0,25 (sep. '02). Para el substrato blando se observó el mayor índice de dominancia 0,43 (nov. '02), y el menor 0,14 (ene. '02).

Para el 2.º año de muestreo, la mayor dominancia (λ) en el substrato duro de Punta Indio fue de 0,66 (ene. '04); mientras se registró la menor dominancia 0,29 (oct. '03). En el substrato blando el mayor valor del índice de Simpson se registró en 0,48 (nov. '03); mientras el menor valor de λ fue de 0,18 (oct. '03; Fig. 14a).

La prueba t de Student demostró que **se encontraron diferencias significativas en la índice de dominancia (λ) entre el substrato duro y blando de Punta Indio** ($t = 3,582$; $gl = 42$; $p = 0,001$).

En **Playa Bagliardi** se registró un índice de **dominancia de Simpson (λ)** mayor en el substrato duro que en el substrato blando, en los dos años de muestreos mensuales. Para el 1.º año de muestreo, el mayor valor de λ en el substrato duro se registró con 0,76 (abr. '02); y el menor valor fue 0,27 (sep. '02 y feb. '02). Para el substrato blando se observó el mayor índice de dominancia 0,52 (mar. '03), y el menor 0,16 (nov. '02).

Para el 2.º año de muestro la mayor dominancia (λ) en el substrato duro alcanzó a 0,8 (abr. '03), mientras que la menor dominancia fue de 0,29 (oct. '03). En el substrato blando el mayor valor del índice de Simpson fue 1 (uno, oct. '03) al encontrarse un único taxon, mientras que el menor registro de lambda (λ) se registró con 0,18 (nov. '03 y mar '04; Fig. 14b).

La prueba t de Student demostró que se encontraron diferencias significativas en la índice de dominancia (λ) entre el substrato duro y blando de Playa Bagliardi ($t = 2,832$; $gl = 42$; $p = 0,007$).

Fig. 14a. Índice de dominancia de Simpson (λ) de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de Punta Indio; $n = 220$. ★ Sin datos.

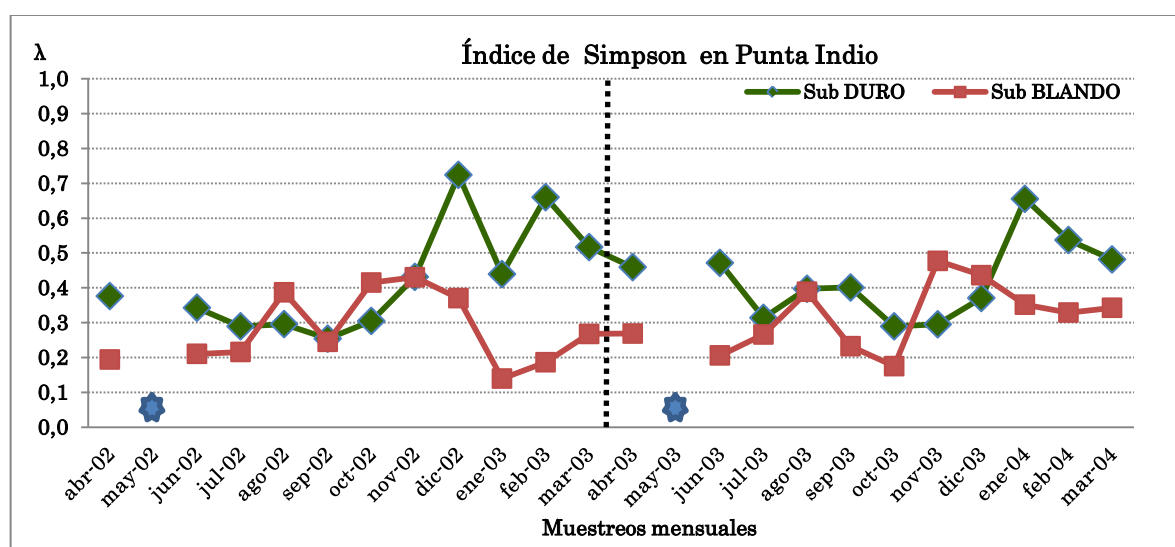
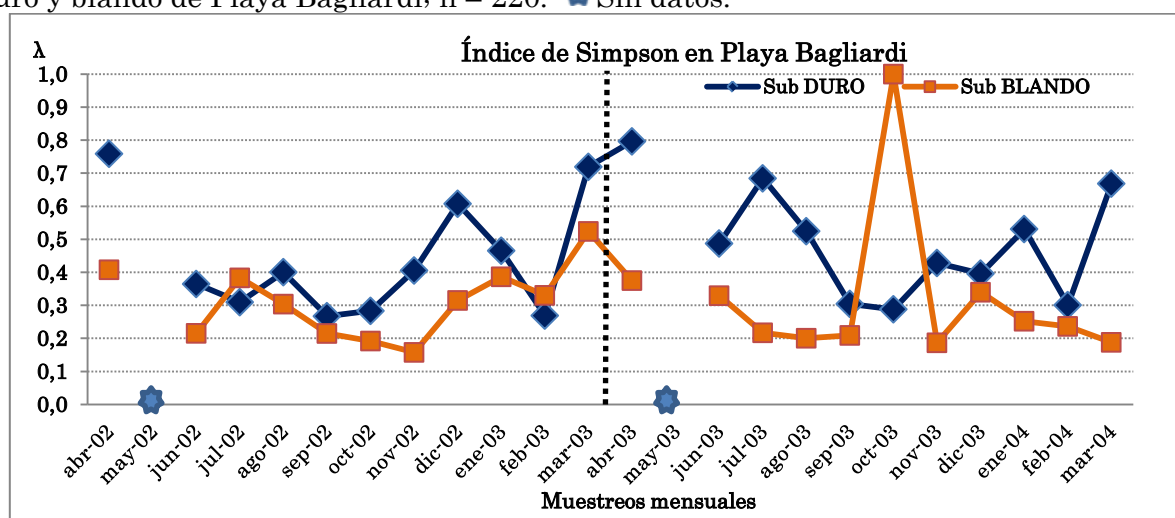


Fig. 14b. Índice de dominancia de Simpson (λ) de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de Playa Bagliardi; $n = 220$. ★ Sin datos.



Diversidad beta (β)

En la [Tabla 5a](#) se puede observar la riqueza taxonómica (S) mensual de los invertebrados bentónicos de **Punta Indio**; es decir, el número de taxa mensuales del substrato duro (*SD*) y del substrato blando (*SB*), el número de taxa encontrados exclusivamente en el substrato duro (**E SD**), el número de taxa encontrados exclusivamente en el substrato blando (**E SB**), y el número de taxa comunes a ambos substratos (**C SD–SB**). Además, se consideró la **riqueza taxonómica (S) total contabilizando los taxa de ambos substratos (SD–SB)**, registrándose un valor máx. = 27 taxa (jun. '02 y jul. '02), un mín. = 15 taxa (sep. '3 y ene. '04), y un $\bar{X} = 20,73 \pm 3,14$ taxa bentónicos por mes. Un $\bar{X} = 46,93 \pm 12,67$ % por mes corresponde a los taxa que sólo se registraron en el substrato duro, un $\bar{X} = 26,74 \pm 9,64$ % a los taxa que sólo se encontraron en el substrato blando, y un $\bar{X} = 26,32 \pm 7,28$ % a taxa comunes a ambos substratos.

Tabla 5a. Riqueza taxonómica en Punta Indio, * (Sin dato), n = 110. Abreviaturas en el texto. El *SD* y *SB* también se muestran en la [Fig 11a](#).

Muestras	<i>SD</i>	E SD	(en %)	<i>SB</i>	E SB	(en %)	C SD–SB	SB (en %)	SD–SB	(en %)
abr. '02	15	10	(= 47,62)	11	6	(= 28,57)	5	(= 23,81)	21	(= 100)
may. '02	*	*		*	*		*		*	
jun. '02	21	12	(= 44,44)	15	6	(= 22,22)	9	(= 33,33)	27	(= 100)
jul. '02	17	8	(= 29,63)	19	10	(= 37,04)	9	(= 33,33)	27	(= 100)
ago. '02	12	5	(= 31,25)	11	4	(= 25,00)	7	(= 43,75)	16	(= 100)
sep. '02	19	15	(= 68,18)	7	3	(= 13,64)	4	(= 18,18)	22	(= 100)
oct. '02	11	6	(= 30,00)	14	9	(= 45,00)	5	(= 25,00)	20	(= 100)
nov. '02	16	12	(= 60,00)	8	4	(= 20,00)	4	(= 20,00)	20	(= 100)
dic. '02	15	10	(= 50,00)	10	5	(= 25,00)	5	(= 25,00)	20	(= 100)
ene. '03	15	9	(= 37,50)	15	9	(= 37,50)	6	(= 25,00)	24	(= 100)
feb. '03	15	8	(= 30,77)	18	11	(= 42,31)	7	(= 26,92)	26	(= 100)
mar. '03	14	11	(= 61,11)	7	4	(= 22,22)	3	(= 16,67)	18	(= 100)
abr. '03	15	10	(= 47,62)	11	6	(= 28,57)	5	(= 23,81)	21	(= 100)
may. '03	*	*		*	*		*		*	
jun. '03	16	9	(= 42,86)	12	5	(= 23,81)	7	(= 33,33)	21	(= 100)
jul. '03	17	11	(= 52,38)	10	4	(= 19,05)	6	(= 28,57)	21	(= 100)
ago. '03	17	14	(= 73,68)	5	2	(= 10,53)	3	(= 15,79)	19	(= 100)
sep. '03	11	7	(= 46,67)	8	4	(= 26,67)	4	(= 26,67)	15	(= 100)
oct. '03	15	9	(= 42,86)	12	6	(= 28,57)	6	(= 28,57)	21	(= 100)
nov. '03	13	7	(= 35,00)	13	7	(= 35,00)	6	(= 30,00)	20	(= 100)
dic. '03	20	15	(= 60,00)	10	5	(= 20,00)	5	(= 20,00)	25	(= 100)
ene. '04	13	9	(= 60,00)	6	2	(= 13,33)	4	(= 26,67)	15	(= 100)
feb. '04	11	8	(= 42,11)	11	8	(= 42,11)	3	(= 15,79)	19	(= 100)
mar. '04	14	7	(= 38,89)	11	4	(= 22,22)	7	(= 38,89)	18	(= 100)

$\bar{X} = 20,73 \pm 3,14$ taxa

En la **Tabla 5b** se observa la riqueza taxonómica (S) mensual de los invertebrados bentónicos de **Playa Bagliardi**; es decir, el número de taxa mensuales del substrato duro (**SD**) y del substrato blando (**SB**), el número de taxa encontrados exclusivamente en el substrato duro (**E SD**), el número de taxa encontrados exclusivamente en el substrato blando (**E SB**), y el número de taxa comunes a ambos substratos (**C SD–SB**). Además, se consideró la **riqueza taxonómica (S) total contabilizando los taxa de ambos substratos (SD–SB)**, alcanzando un valor máx. = 25 taxa (ene. '03), un mín. = 14 taxa (dic. '03), y un $\bar{X} = 19,68 \pm 3,71$ taxa bentónicos por mes. Un $\bar{X} = 47,34 \pm 16,78$ % por mes corresponde a taxa que sólo se hallaron en el substrato duro, un $\bar{X} = 24,21 \pm 10,16$ % a taxa que sólo se registraron en el substrato blando, y un $\bar{X} = 27,95 \pm 9,68$ % a taxa comunes a ambos substratos.

Tabla 5b. Riqueza taxonómica en Playa Bagliardi, * (Sin datos), n = 110. Abreviaturas en el texto. El **SD** y **SB** también se muestran en la **Fig. 11b**.

Muestreos	<i>SD</i>	<i>E SD</i>	(en %)	<i>SB</i>	<i>E SB</i>	(en %)	<i>C SD–</i>	<i>SB</i> (en %)	<i>SD–SB</i>	(en %)
abr. '02	15	9	(= 50,00)	10	3	(=16,67)	6	33,33	18	(= 100)
may. '02	*	*		*	*		*		*	
jun. '02	13	10	(= 55,56)	8	5	(= 27,78)	3	16,67	18	(= 100)
jul. '02	12	8	(= 50,00)	8	4	(= 25,00)	4	25,00	16	(= 100)
ago. '02	14	8	(= 50,00)	8	2	(= 12,50)	6	37,50	16	(= 100)
sep. '02	17	8	(= 36,36)	14	6	(= 27,27)	8	36,36	22	(= 100)
oct. '02	17	9	(= 39,13)	14	6	(= 26,09)	8	34,78	23	(= 100)
nov. '02	15	8	(= 33,33)	16	9	(= 37,50)	7	29,17	24	(= 100)
dic. '02	11	5	(= 31,25)	11	5	(= 31,25)	6	37,50	16	(= 100)
ene. '03	19	13	(= 52,00)	12	6	(= 24,00)	6	24,00	25	(= 100)
feb. '03	14	7	(= 36,84)	12	5	(= 26,32)	7	36,84	19	(= 100)
mar. '03	17	13	(= 59,09)	9	5	(= 22,73)	4	18,18	22	(= 100)
abr. '03	17	14	(= 70,00)	6	3	(= 15,00)	3	15,00	20	(= 100)
may. '03	*	*		*	*		*		*	
jun. '03	13	9	(= 56,25)	7	3	(= 18,75)	4	25,00	16	(= 100)
jul. '03	16	6	(= 26,09)	17	7	(= 30,43)	10	43,48	23	(= 100)
ago. '03	15	7	(= 29,17)	17	9	(= 37,50)	8	33,33	24	(= 100)
sep. '03	14	7	(= 35,00)	13	7	(= 35,00)	6	30,00	20	(= 100)
oct. '03	12	11	(= 91,67)	1	0	(= 0,00)	1	8,33	12	(= 100)
nov. '03	16	8	(= 38,10)	13	5	(= 23,81)	8	38,10	21	(= 100)
dic. '03	12	10	(= 71,43)	4	2	(= 14,29)	2	14,29	14	(= 100)
ene. '04	10	4	(= 23,53)	13	7	(= 41,18)	6	35,29	17	(= 100)
feb. '04	15	11	(= 45,83)	13	9	(= 37,50)	4	16,67	24	(= 100)
mar. '04	20	14	(= 60,87)	9	3	(= 13,04)	6	26,09	23	(= 100)
$\bar{X} = 19,68 \pm 3,71$ taxa										

Índice o Coeficiente de similitud de Jaccard (I_J)

En **Punta Indio** se registraron mensualmente valores del índice de similitud de Jaccard (I_J) $< 0,45$. Esto indicó la **relativamente baja similitud entre la fauna de invertebrados bentónicos del substrato duro y del substrato blando en cuanto a riqueza de taxa**. Para el 1.º año de muestreo el mayor valor de I_J alcanzó a 0,44 (ago. '02), y el menor valor fue de 0,17 (mar. '03). Para el 2.º año de muestro el mayor valor de Jaccard fue de 0,39 (mar. '04), y el menor valor fue de 0,16 (ago. '03 y feb. '04; [Fig. 15a](#)). Taxa como *Mesostoma* sp., *N. succinea*, *B. improvisus*, *C. rioplatense*, *Kalliapseudes* sp., *Ch. granulata*, y Dolichopodidae fueron encontrados solamente en el substrato duro, mientras que grupos como Centropagidae, Macrothricidae, *B. rhombofrontale*, *Ballistura* sp., Isotomidae, *Ceratophysella* sp., y *Sminthurus* sp., fueron encontrados solamente en el substrato blando de Punta Indio.

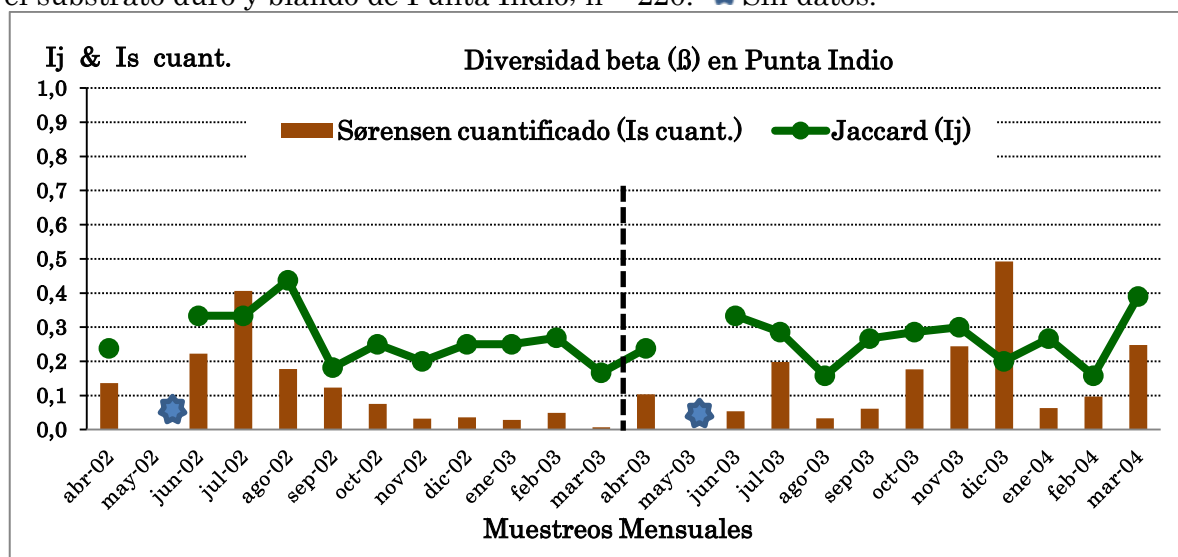
En **Playa Bagliardi** se registraron valores mensuales del índice de similitud de Jaccard (I_J) $< 0,4$. Esto indicó, al igual que en Punta Indio, la **relativamente baja similitud entre la fauna de invertebrados bentónicos del substrato duro y del substrato blando en cuanto a riqueza de taxa**. Para el 1.º año de muestreo el mayor registró de valor de I_J fue 0,38 (set. '02 y dic. '02); y el menor valor de similitud fue de 0,17 (jun. '02). Para el 2.º año de muestro el mayor valor de Jaccard se registró en 0,43 (jul. '03), y el menor valor fue de 0,08 (oct. '03; [Fig. 15b](#)). Taxa como DugesIIDae, *Temnochepala* sp., *Helobdella* sp., *Uncancylus concentricus* (d'Orbigny, 1835), *C. rioplatense*, Ceratopogonidae, Empididae y Dolichopodidae han sido encontradas solamente en substrato duro, mientras que grupos como Daphnidae, Macrothricidae, Sididae, *C. platensis*, Isotomidae, Poduridae (*Ceratophysella* sp.), Hemiptera y Psychodidae han sido encontradas solamente en el substrato blando de Playa Bagliardi.

Índice o Coeficiente de similitud de Sørensen cuantitativo (I_s cuant.)

En **Punta Indio** se registraron mensualmente índices de similitud de Sørensen cuantitativo (I_s cuant.) $< 0,5$. Esto indicó la **relativamente baja similitud entre la fauna de invertebrados bentónicos del substrato duro y del substrato blando en cuanto a la abundancia de los individuos**. Para el 1.º año de muestreo el mayor registró del I_J fue de 0,41 (jul. '02); mientras que el menor valor fue de 0,01

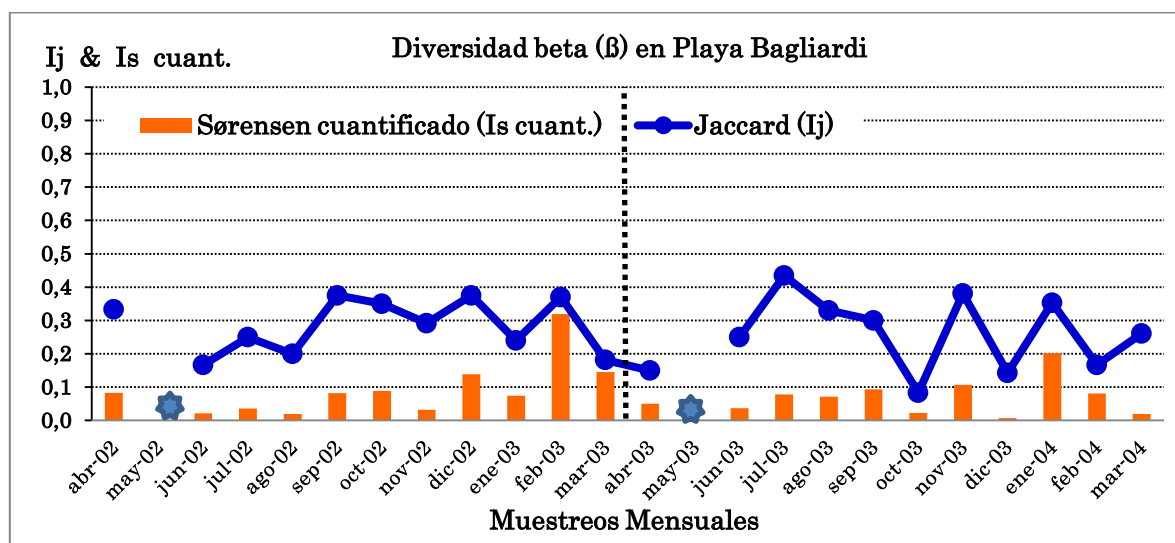
(mar. '03). Para el 2.° año de muestro el mayor valor de Jaccard fue 0,49 (dic. '03); y el menor valor fue de 0,03 (ago. '03; Fig. 15a).

Fig. 15a. Coeficiente de similitud de Jaccard (Ij) y de Sørensen cuantitativo (Is cuant.) entre el substrato duro y blando de Punta Indio; n = 220. * Sin datos.



En **Playa Bagliardi** se registraron valores mensuales del índice de similitud de Sørensen cuantitativo (Is cuant.) < 0,33. Esto indicó la **baja similitud entre la fauna de invertebrados bentónicos del substrato duro y del substrato blando en cuanto a la abundancia de individuos**. Estos valores fueron aún más bajos que los registrados en Punta Indio. Para el 1.° año de muestreo el mayor valor de Is cuant. fue de 0,32 (feb. '03), mientras que el menor valor fue de 0,01 (mar. '03). Para el 2.° año de muestro el mayor valor del índice de Sørensen cuantitativo se registró con un valor de 0,2 (ene. '04), y el menor valor fue de 0,01 (dic. '03; Fig. 15b).

Fig. 15b. Coeficiente de similitud de Jaccard (Ij) y de Sørensen cuantitativo (Is cuant.) entre el sustrato duro y blando de Playa Bagliardi; n = 220. * Sin dato.



5.2.2 Río Paraná Inferior, Medio y Alto

Se analizaron a los invertebrados bentónicos en sus diferentes categorías taxonómicas (*e.g.* especie, género, familia) para los tres sitios relevados en el río Paraná (Inferior, Medio y Alto). Se registraron variaciones entre los periodos muestreados de verano (febrero de 2003 y de 2004) en cuanto a su composición, abundancia, diversidad, etc. tanto en el sustrato duro como en el sustrato blando, que se detallan a continuación.

En los dos muestreos de verano realizados se determinó para San Nicolás de los Arroyos una ocurrencia total de 13 taxa en el sustrato duro y de 8 taxa en sustrato blando. Para Santo Tomé una ocurrencia total de 14 taxa en el sustrato duro y de 7 taxa en el sustrato blando. Para Ituzaingó una ocurrencia total de 22 taxa en sustrato duro y de 7 taxa en sustrato blando.

Dominancia en abundancia (D)

Para la localidad de San Nicolás de los Arroyos los grupos más abundantes sobre sustrato duro fueron los *Bivalvia L. fortunei*, con una dominancia del 68,3 % (verano '03) y 55,2 % (verano '04), luego los *Harpacticoida* con 13,49 % (verano '03) y 12,3 % (verano '04), y los *Oligochaeta*, principalmente de la subfamilia Naidinae, con 9,94 % (verano '03) y 17,04 % (verano '04). Los demás grupos taxonómicos contribuyeron con menos del 10 %, como los Cnidaria, Platyhelminthes, Rotifera,

Nematoda, Hidrachnidia, Cyclopoida, Cladocera, Ephemeroptera, y Diptera Chironomidae.

En el **substrato blando** los **grupos dominantes en abundancia** fueron los **Oligochaeta** con 82,81 % (verano '03), luego los **Nematoda** con 80,99 % (verano '04), y 3.° los **Hidrachnidia** con 14,45 % de abundancia (verano '04). Los demás grupos taxonómicos como Bivalvia *C. fluminea*, Tardigrada, Cyclopoida, y Cladocera Macrothricidae contribuyeron con < 5 % (Tabla 6a).

Tabla 6a. Contribución relativa de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de San Nicolás de los Arroyos (Paraná Inferior), en % de dominancia (D); n = 20. En **negrita** los grupos dominantes.

Taxa	% D		% D	
	SUBSTRATO DURO		SUBSTRATO BLANDO	
	(verano '03)	(verano '04)	(verano '03)	(verano '04)
	08/03/2003	09/03/2004	08/03/2003	09/03/2004
1 CNIDARIA <i>Hydra</i> sp.	1,06	0	—	—
2 PLATYHELMINTHES Macrostomidae	0,83	0	—	—
3 ROTIFERA sp.	0,59	0,32	4,69	0
4 NEMATODA	4,14	10,10	6,25	80,99
5 OLIGOCHAETA Naidinae	9,94	17,04	82,81	0,38
6 BIVALVIA <i>L. fortunei</i>	68,30	55,20	—	—
7 <i>C. fluminea</i>	—	—	0	0,76
8 TARDIGRADA	—	—	3,13	0
9 HIDRACHNIDIA	0	0,32	3,13	14,45
10 HARPACTICOIDA	13,49	12,30	—	—
11 CYCLOPOIDA	0	4,73	0	1,52
12 CLADOCERA Chydoridae	0,24	0	—	—
13 Macrothricidae	—	—	0	1,90
14 EPHEMEROPTERA Caenidae	0,24	0	—	—
15 DIPTERA Chironomidae	1,18	0	—	—
Total (%)	100	100	100	100

Para la localidad de **Santo Tomé**, los grupos **más abundantes** sobre el **substrato duro** fueron el **Bivalvia** *L. fortunei*, con una dominancia del 73,23 % (verano '03) y 30,67 % (verano '04), luego los **Ciliophora** con 36,42 % (verano '04), y 3.° los **Nematoda** con 18,3 % (verano '03). Los demás grupos taxonómicos encontrados quedaron muy por debajo de estos valores de dominancia, como los Rotifera, Hirudinea, Hidrachnidia, Harpacticoida, Cyclopoida, Cladocera, Odonata, Diptera Ceratopogonidae y Chironomidae con < 6 %.

En el **substrato blando** los grupos **dominantes** fueron los **Oligochaeta** con 55,26 % (verano '03) y 37,21 % (verano '04), y los **Nematoda** con 36,84 % (verano '03)

y 36,05 % (verano '04). Los demás grupos taxonómicos encontrados quedaron muy por debajo de estos valores de dominancia como el Bivalvia *C. fluminea*, Hidrachnidia, Cyclopoida, Cladocera, y Odonata Coenagrionidae con < 10 % (Tabla 6b).

Tabla 6b. Contribución relativa de invertebrados bentónicos en sustrato duro y blando de Santo Tomé (Paraná Medio), en % de dominancia (D); n = 16. En **negrita** los grupos dominantes.

Taxa	% D		% D	
	SUBSTRATO DURO		SUBSTRATO BLANDO	
	(verano '03)	(verano '04)	(verano '03)	(verano '04)
	18/02/2003	25/02/2004	18/02/2003	25/02/2004
1 CILIOPHORA	0	36,42	—	—
2 ROTIFERA sp. 1	0,63	0,88	—	—
3 sp. 2	0	0,53	—	—
4 NEMATODA	18,30	6,51	36,84	36,05
5 HIRUDINEA	0,02	0	—	—
6 OLIGOCHAETA (Naidinae)	4,71	10,47	55,26	37,21
7 BIVALVO <i>L. fortunei</i>	73,23	30,67	—	—
8 <i>C. fluminea</i>	—	—	0	9,30
9 HIDRACHNIDIA	0,16	0,18	2,63	5,81
10 HARPACTICOIDA	2,39	5,72	0	0
11 CYCLOPOIDA Cyclopidae	0	0,18	5,26	0
12 CLADOCERA Chydoridae	0,07	0,18	—	—
13 Macrothricidae	—	—	0	9,30
14 ODONATA (Coenagrionidae)	0	0,18	0	2,33
15 DIPTERA Ceratopogonidae	0,07	0,35	—	—
16 Chironomidae	0,43	7,74	—	—
Total (%)	100	100	100	100

Para la localidad de **Ituzaingó** los grupos **más abundantes** sobre el **sustrato duro** fueron el **Bivalvia** *L. fortunei* con una dominancia del 36,49 % (verano '03) y 27,74 % (verano '04), 2.° los Diptera **Chironomidae** con 23,5 % (verano '04), y luego los **Rotifera** con 22,25 % (verano '03) y los **Nematoda** con 22,18 % (verano '03). Los demás grupos taxonómicos encontrados quedaron muy por debajo de estos valores (D); como los Hirudinea, Hidrachnidia, Harpacticoida, Cyclopoida, Cladocera, Odonata, y Diptera Ceratopogonidae con < 8 %.

En el **sustrato blando** los grupos **dominantes en abundancia** fueron los **Oligochaeta** con 94,74 % (verano '03) y los **Hidrachnidia** con 45,45 % (verano '04). Los demás grupos taxonómicos encontrados quedaron por debajo de estos valores de

dominancia, como los Rotifera, Bivalvia *C. fluminea*, Gastropoda, Cladocera Daphnidae, y Diptera Chironomidae con < 19 % (Tabla 6c).

Tabla 6c. Contribución relativa de invertebrados bentónicos en sustrato duro y blando de Ituzaingó (Alto Paraná), en % de dominancia (D); n = 20. En **negrita** los grupos dominantes.

Taxa	% D		% D	
	SUBSTRATO DURO		SUBSTRATO BLANDO	
	(verano '03)	(verano '04)	(verano '03)	(verano '04)
	09/02/2003	05/03/2004	09/02/2003	05/03/2004
1 ROTIFERA	22,25	4,95	5,26	0
2 NEMATODA	22,18	4,95	—	—
3 HIRUDINEA	0,55	1,24	—	—
4 OLIGOCHAETA	4,68	8,66	94,74	0
5 BIVALVIA <i>L. fortunei</i>	36,49	27,74	—	—
6 <i>C. fluminea</i>	0	2,38	0	9,09
7 GASTROPODA sp. 1	0	3,40	—	—
8 sp. 2	0	0,62	0	9,09
9 sp. 3	0	2,47	—	—
10 HIDRACHNIDIA sp. 1	1,38	1,86	0	45,45
11 sp. 2	0	0,62	—	—
12 sp. 3	0	1,24	—	—
13 sp. 4	0	5,57	—	—
14 TARDIGRADA	0,14	0	—	—
15 HARPACTICOIDA	3,24	5,26	—	—
16 CYCLOPOIDA	0	0,62	—	—
17 CALANOIDEA	0,14	0	—	—
18 CLADOCERA Chydoridae	0,14	3,09	—	—
19 Daphnidae	—	—	0	18,18
20 OSTRACODA	1,38	1,24	—	—
21 EPHEMEROPTERA	0,21	0	—	—
22 DIPTERA Chironomidae	7,09	23,50	0	18,18
23 PLECOPTERA	0,14	0,62	—	—
Total (%)	100	100	100	100

Diversidad alfa

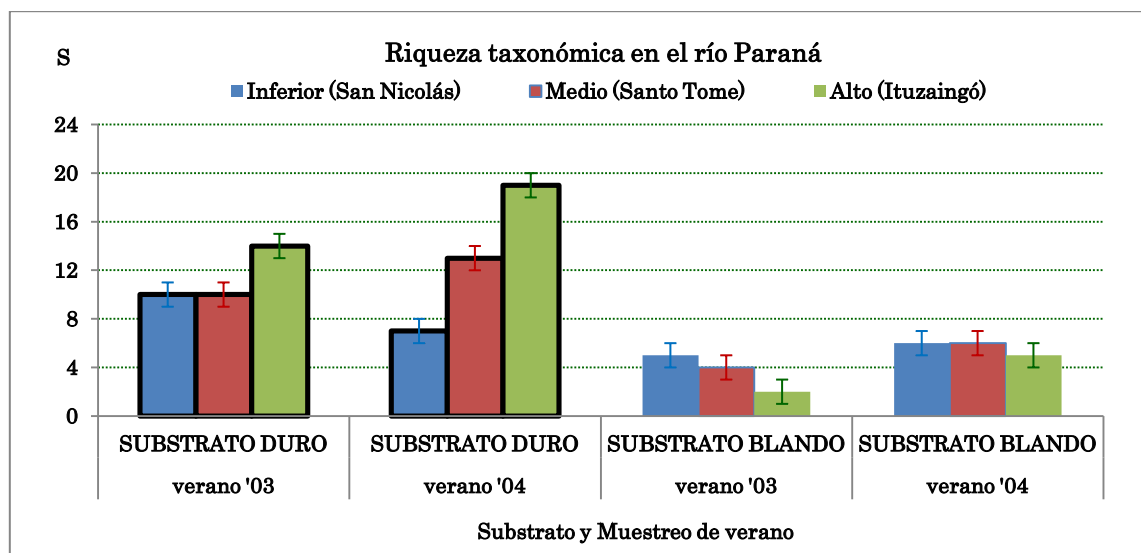
Riqueza taxonómica (S)

La **riqueza taxonómica** de los tres sitios muestreados en el **río Paraná** fue **mayor en el sustrato duro que en el sustrato blando**, ya sea en los muestreos de verano de 2003 como de 2004.

Los valores más altos de riqueza sobre el sustrato duro se registraron en la localidad de Ituzaingó, con un valor de S = 14 taxa (verano '03) y 19 taxa (verano '04), luego en Santo Tomé con S = 10 taxa (verano '03) y 13 taxa (verano '04); y por último San Nicolás de los Arroyos con S = 10 taxa (verano '03) y 7 taxa (verano '04).

En el sustrato blando la riqueza taxonómica de los tres sitios muestreados en el río Paraná tuvo una variación entre 2 y 6 taxa, por sitio y por muestreo (Fig. 16a).

Fig. 16a. Riqueza taxonómica (S) de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de los tres sitios relevados en río Paraná; n = 56.

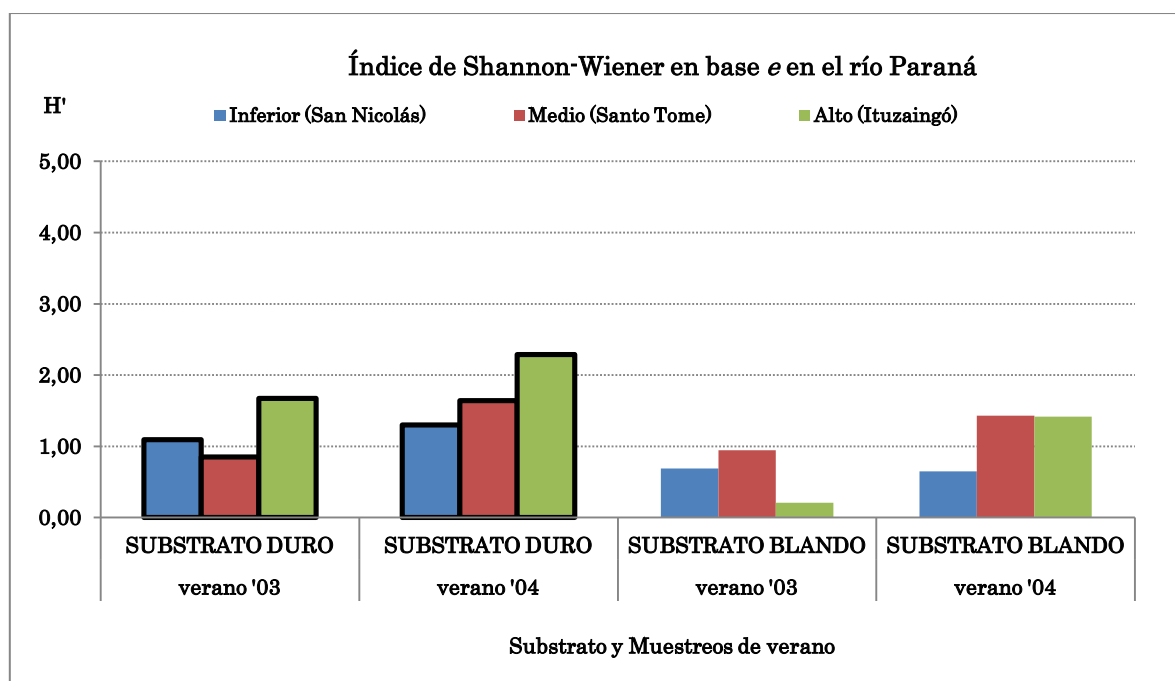


Índices de diversidad de Shannon–Wiener (H')

En líneas generales, el índice de **diversidad de Shannon–Wiener** en los tres sitios muestreados del **río Paraná** fue **mayor en el sustrato duro** que en el **sustrato blando**, en los muestreos de verano de 2003 y de 2004.

En la localidad de Ituzaingó se registraron valores de diversidad (H') de 1,67 (verano '03) y 2,29 (verano '04) para el sustrato duro. Ambos resultados fueron mayores a los del sustrato blando, que alcanzó valores de 0,21 (verano '03) y 1,41 (verano '04). La misma tendencia se observó en San Nicolás de los Arroyos donde el sustrato duro mostró valores de diversidad de Shannon–Wiener de 1,09 (verano '03) y 1,3 (verano '04), mientras que en el sustrato blando llegó a 0,69 (verano '03) y 0,65 (verano '04). En Santo Tomé la diversidad (H') del sustrato duro = 1,64 (verano '04); este valor también fue mayor que en el sustrato blando que alcanzó 1,43 (verano '04). La excepción fue en el verano '03 donde el sustrato blando llegó a tener una diversidad $H' = 0,95$; mayor a la del sustrato duro con un $H' = 0,85$ en el mismo verano (Fig. 16b).

Fig. 16b. Índice de diversidad de Shannon–Wiener (H') de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de los tres sitios relevados en río Paraná; $n = 56$.

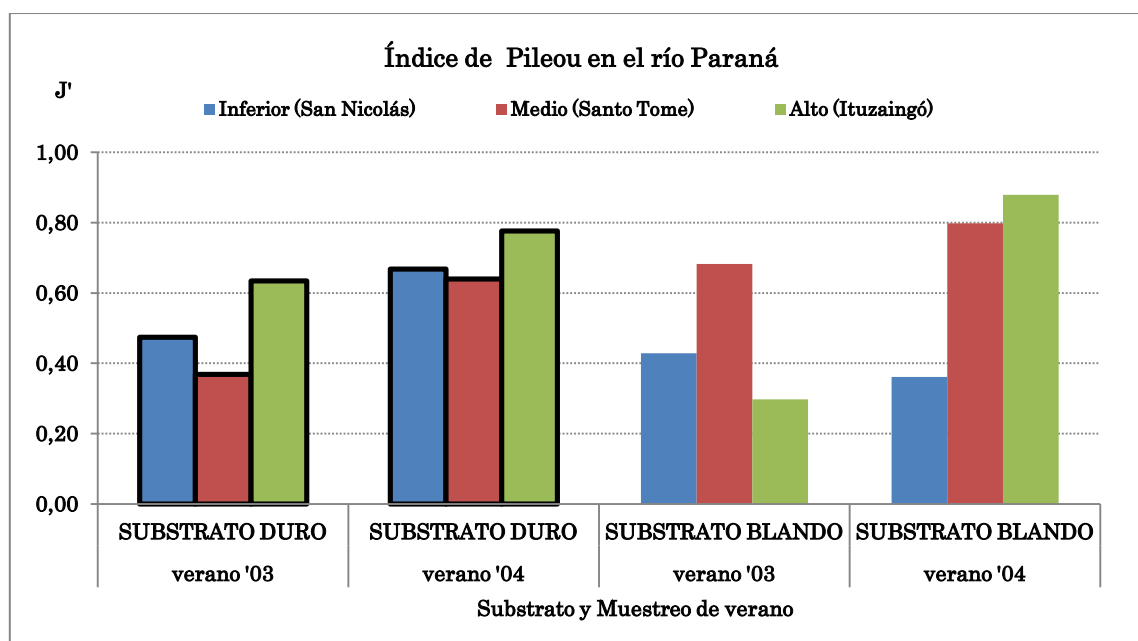


Índice de equitatividad de Pielou (J')

El índice de **equitatividad** de Pielou en los tres sitios muestreados del **río Paraná** presentó **distintas variaciones en función del sustrato** estudiado y del **periodo de muestreo** realizado.

En San Nicolás de los Arroyos la uniformidad de los ensambles bentónicos de sustrato duro fue mayor que en el sustrato blando. Para el sustrato duro se registraron valores de $J' = 0,47$ (verano '03) y $0,67$ (verano '04); mientras que para el sustrato blando se observaron valores de $J' = 0,43$ (verano '03) y $0,36$ (verano '04). Los patrones de equidad en Santo Tomé resultaron ser lo contrario a San Nicolás de los Arroyos; es decir, en el sustrato blando se observaron valores más altos de uniformidad con $J' = 0,68$ (verano '03) y $0,80$ (verano '04); mientras que en el sustrato duro alcanzó un $J' = 0,37$ (verano '03) y $0,64$ (verano '04). En la localidad de Ituzaingó el sustrato blando mostró el valor más bajo de uniformidad de los tres sitios muestreados con $J' = 0,3$ (verano '03); pero en el verano siguiente alcanzó a $J' = 0,88$ (verano '04), siendo el valor más elevado registrado del índice de Pielou (Fig. 16c).

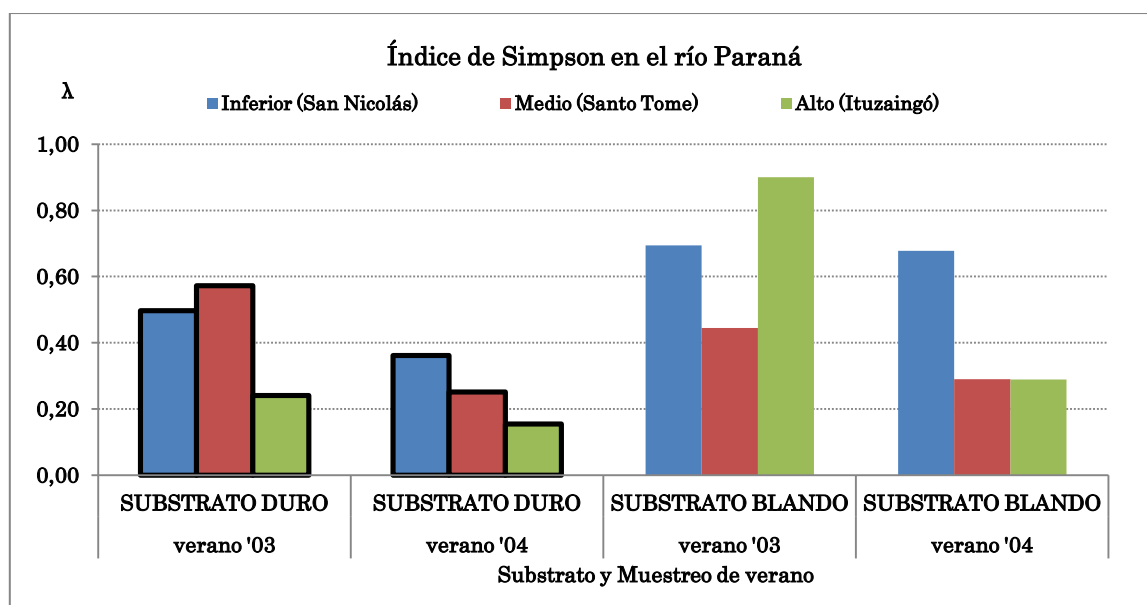
Fig. 16c. Índice de equitatividad o uniformidad de Pileou (J') de invertebrados bentónicos en el substrato duro y blando de los tres sitios relevados en río Paraná; $n = 56$.



Índice de dominancia de Simpson (λ)

En general, los tres sitios relevados del río Paraná en el verano '03 y '04 presentaron un **mayor índice de dominancia de Simpson para el substrato blando que para el substrato duro**. En el verano '04 en San Nicolás de los Arroyos, Santo Tomé e Ituzaingó, el substrato blando alcanzó valores de dominancia lambda (λ) de 0,68; 0,29; y 0,29; respectivamente. Estos valores fueron mayores a los del substrato duro del mismo verano, que alcanzó índices de 0,36; 0,25; y 0,15 para el río Paraná Inferior, Medio y Alto, respectivamente. En el verano '03 se observó la misma tendencia en la dominancia, a excepción en Santo Tomé donde se registró para el substrato duro un valor de lambda (λ) de 0,57; en contraste con el 0,44 del substrato blando (Fig. 16d).

Fig. 16d. Índice de dominancia de Simpson (λ) de invertebrados bentónicos en el sustrato duro y blando de los tres sitios relevados en río Paraná; $n = 56$.



Las pruebas de Kruskal–Wallis (H) para los índices de diversidad alfa en los tres sitios de muestreos del río Paraná, mostraron que **no hubo diferencias significativas** ($p < 0,05$) **entre los sustratos**; con **excepción** de la **riqueza** taxonómica (S), (Tabla 7).

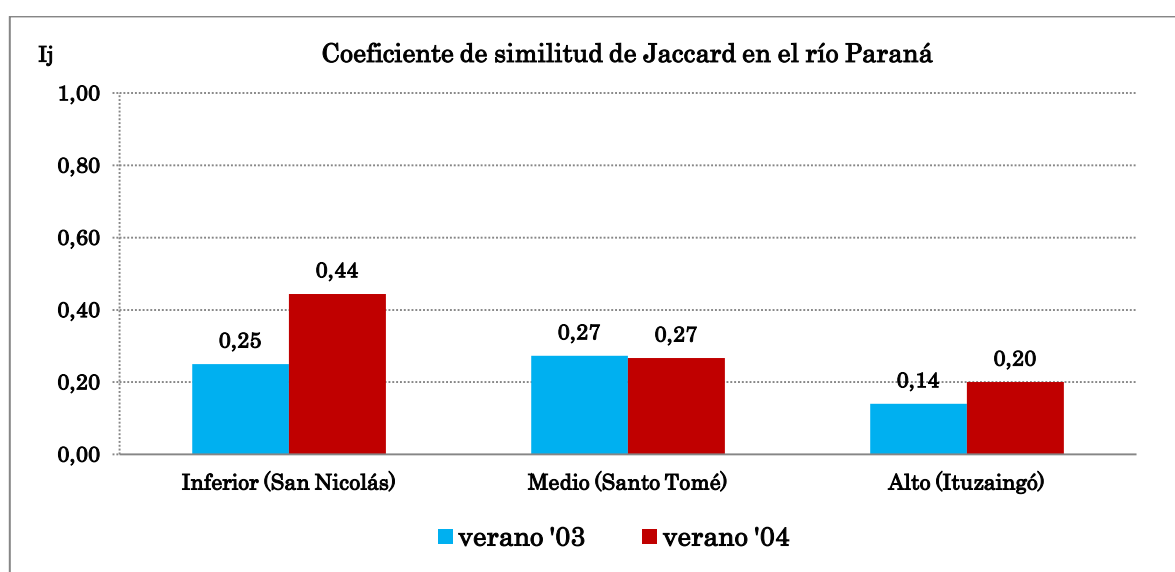
Tabla 7. Prueba de Kruskal–Wallis (H) para los índices de diversidad alfa entre los tres sitios del río Paraná, para el sustrato duro y blando en el verano '03 y '04; p (nivel de confianza) $< 0,05$; * = significativo; ns = no significativo.

Índices de diversidad	H	p	sig.
Riqueza taxonómica (S)	9,141	0,027	*
Shannon–Wiener (H')	5,205	0,157	ns
Pileou (J')	3,103	0,376	ns
Simpson (λ)	5,154	0,161	ns

Diversidad beta (β)Índice o Coeficiente de similitud de Jaccard (I_j)

En los tres sitios muestreados del **río Paraná** para el verano '03 y verano '04, respectivamente, se registraron índices de **similitud de Jaccard** (I_j) < 0,45. Esto indicó la relativamente **baja similitud** que existió **entre la fauna de invertebrados bentónicos de substrato duro y de substrato blando en cuanto a riqueza** en cada uno de los sitios muestreados (Fig. 17a).

Fig. 17a. Coeficiente de similitud de Jaccard (I_j) entre el substrato duro y blando de los tres sitios del río Paraná; n = 56.



En la **Tabla 8** se puede observar la riqueza taxonómica (S) de los invertebrados bentónicos en los tres sitios del **río Paraná**; es decir, el número de taxa en el verano '03 y '04 del substrato duro (**SD**), el número de taxa del substrato blando (**SB**), el número de taxa encontrados exclusivamente en el substrato duro (**E SD**), el número de taxa encontrados exclusivamente en el substrato blando (**E SB**), y el número de taxa comunes a ambos substratos (**C SD–SB**). Además, se contabilizó la **riqueza taxonómica (S) total del substrato duro y blando juntos (SD–SB)** para cada sitio. Ituzaingó fue el sitio con mayor cantidad de taxa bentónicos teniendo en cuenta ambos substratos, con un máx. = 20 (verano '04), mientras que San Nicolás de los Arroyos fue el sitio con el mín. = 9 (verano '04). En cada uno de los muestreos de verano de los tres sitios del río Paraná, la cantidad taxa que ocurrieron sólo en

substrato duro (**ESD**) fue > 58 % del total (**SD–SB** 100 %), la excepción del verano '03 en San Nicolás de los Arroyos que fue de un 33 % (**Tabla 8**).

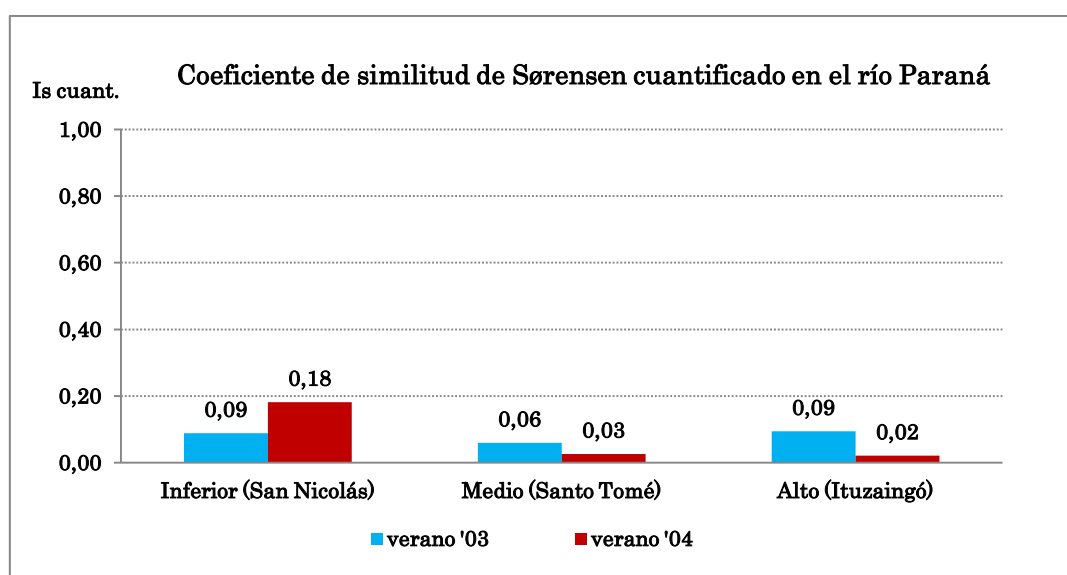
Tabla 8. Riqueza taxonómica en los tres sitios del río Paraná; n = 56. Abreviaturas en el texto. El *SD* y *SB* también se muestran en la **Fig. 16a**.

Sitio	y	muestreos	<i>SD</i>	ESD	(= en %)	<i>SB</i>	ESB	(= en %)	CSD–SB	(= en %)	SD–SB	(= en %)
Paraná Inferior	ver. '03		10	7	(=58,33)	5	2	(=16,67)	3	(=25,00)	12	(=100)
	ver. '04		7	3	(=33,33)	6	2	(=22,22)	4	(=44,44)	9	(=100)
Paraná Medio	ver. '03		10	7	(=63,64)	4	1	(= 9,09)	3	(=27,27)	11	(=100)
	ver. '04		13	9	(=60,00)	6	2	(=13,33)	4	(=26,67)	15	(=100)
Alto Paraná	ver '03		14	12	(=85,71)	2	0	(= 0,00)	2	(=14,29)	14	(=100)
	ver '04		19	15	(=75,00)	5	1	(= 5,00)	4	(=20,00)	20	(=100)

Índice o Coeficiente de similitud de Sørensen cuantitativo (*Is* cuant.)

En los tres sitios muestreados del río Paraná para el verano '03 y verano '04 se registraron índices de similitud **Sørensen cuantitativo** (*Is* cuant.) < 0,2. Esto indicó una **muy baja similitud** entre los ensambles de invertebrados bentónicos de **substrato duro y substrato blando** en cuanto a la abundancia (**Fig. 17b**).

Fig. 17b. Coeficiente de similitud de Sørensen cuantificado (*Ij* cuant.) entre el substrato duro y blando en los tres sitios del río Paraná; n = 56.



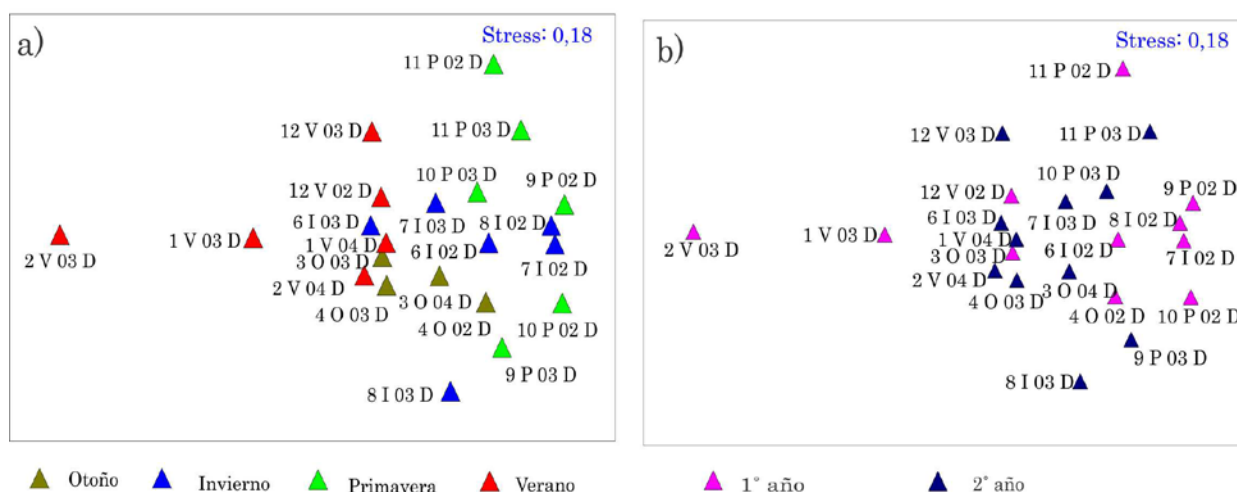
5.3 INTERACCIÓN VARIABLES AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS

5.3.1 Punta Indio

Substrato duro

El análisis de similitud ANOSIM indicó que en **Punta Indio** existió una **baja diferencia significativa** entre la estructura de las **comunidades bentónicas** de **substrato duro** con respecto a la **variable temporal-estacional**, *i.e.* verano, otoño, invierno y primavera. Así lo demostró el Global $R = 0,271$; $p < 0,025$. La prueba de contrastes de pares entre estaciones del año también arrojó valores significativos. Las mayores diferencias temporales ocurrieron entre invierno *vs.* verano, y entre primavera *vs.* verano; ya que los valores de R fueron $0,556$; $p < 0,01$; y $R = 0,537$; $p < 0,02$; respectivamente. Estos resultados se reflejan en el análisis de ordenamiento bidimensional nMDS con un valor aceptable de stress $S = 0,18$ (Fig. 18a). La rutina SIMPER identificó cuáles fueron los **taxa que explicaron** estas **disimilitudes** observadas con el análisis ANOSIM y nMDS. Los **Nematoda** y **Bivalvia** juntos fueron los dos principales grupos taxonómicos que contribuyeron con $> 20\%$ en explicar esta diferencia temporal encontrada en el substrato duro de Punta Indio. Luego ocurrieron, en general, los Ostracoda, Harpacticoida, Tardigrada y Tanaidacea completando el 50% acumulado de esta disimilitud (Tabla 9a).

Fig. 18. Ordenamiento bidimensional del análisis **nMDS** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **substrato duro** de **Punta Indio**. Del 1 al 12 = meses del año; I, P, O y V = cuatro estaciones del año; 02, 03, 04 = 2002, 2003 y 2004; respectivamente, D = substrato duro, $n = 110$. a) Ordenamiento temporal en función de las estaciones del año: otoño, invierno, primavera y verano. b) Ordenamiento temporal en función del 1.º y 2.º año de muestreo.



El análisis de similitud ANOSIM entre un año de muestreo con respecto al siguiente indicó que **no hubo diferencias significativas**, ya que los valores del Global R fueron = 0,236; $p > 0,065$. Esto se reflejó en el ordenamiento bidimensional nMDS, el cual mostró que no hubo una clara separación entre los dos grupos, *i.e.* entre el 1.° y 2.° año de muestreo (Fig. 18b). La rutina SIMPER definió a los **Bivalvia** (17,44 %) y a los **Nematoda** (14,81 %) como los **mayores contribuyentes** a esta diferencia. Luego los Harpacticoida, Tardigrada y Tanaidacea completaron el 50 % acumulado de la disimilitud entre los dos años relevados (Tabla 9b).

Tabla 9. Resultados de la prueba **SIMPER** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **substrato duro** de **Punta Indio** que muestra los taxa bentónicos que más contribuyeron a la disimilitud con relación a los factores: **a)** estaciones del año, y **b)** 1.° y 2.° año de muestreo. Los taxa se clasificaron por la disminución en el porcentaje de contribución (%). Las listas se cortaron cuando el porcentaje acumulado alcanzó alrededor del 50 % de contribución. Abreviaturas de los taxa ver Tabla 3a; $n = 110$.

a) Factor grupo: estaciones del año.

Grupo: Otoño vs. Invierno \bar{X} Disimilitud = 29,3			Grupo: Otoño vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 31,81			Grupo: Otoño vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 31,35		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
NEM	13,11	13,11	NEM	14,95	14,95	BIV	24,75	24,75
BIV	8,15	21,26	BIV	10,85	25,80	NEM	16,62	41,37
OST	8,07	29,33	TAN	8,63	34,42	HAR	4,60	45,98
TAR	7,65	36,98	HAR	7,83	42,25	TAN	4,36	50,34
HAR	6,66	43,64	OLI	6,33	48,58			
OLI	4,69	48,32						
Grupo: Invierno vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 36,65			Grupo: Invierno. vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 32,93			Grupo: Primav. vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 39,52		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	21,39	31,39	NEM	10,28	10,28	NEM	23,01	23,01
NEM	18,48	39,87	BIV	10,24	20,52	BIV	22,18	45,19
OST	6,28	46,14	OST	8,19	28,71	HAR	5,60	50,79
TAR	5,80	51,94	TAR	7,79	36,49			
			TAN	7,38	43,87			
			HAR	6,33	50,20			

b) Factor grupo: 1.° año vs. 2.° año.

\bar{X} Disimilitud = 33,83		
Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	17,44	17,44
NEM	14,81	32,24
HAR	6,32	38,57
TAR	6,26	44,83
TAN	5,58	50,41

El análisis RELATE para el **substrato duro de Punta Indio** reveló que **no existió una correlación significativa entre la matriz de similitud biológica y la ambiental**, ya que para el 1.º año de muestreo el $r_s = 0,041$; $p > 0,335$; mientras que para el 2.º año de muestreo el $r_s = 0,024$; $p > 0,511$. Si bien el análisis BIOENV arrojó valores bajos de correlación ($r < 0,41$) para los dos años de muestreos; permitió observar que la variación biológica estuvo mejor relacionada con el oxígeno disuelto y el % oxígeno en el 1.º año; mientras que para el 2.º año de muestreo con la conductividad y los sólidos disueltos (Tabla 10).

Tabla 10. Resumen de las cinco mejores combinaciones obtenidas del análisis del **BIOENV** para el **substrato duro de Punta Indio** en el 1.º y 2.º año de muestreo. Valor de r (Correlación de Spearman). Abreviaturas en el texto.

1.º año de muestreo			2.º año de muestreo		
Número de variables	Valor de r	Variables implicadas	Número de variables	Valor de r	Variables implicadas
2	0,404	OD, %O	2	0,232	Cond, SD
1	0,385	%O	1	0,210	SD
3	0,344	T, OD, %O	3	0,197	T, Cond, SD
2	0,321	T, %O	3	0,190	Cond, SD, OD
3	0,242	Cond, OD, %O	1	0,179	Cond

Substrato blando

El análisis de similitud ANOSIM indicó que **en Punta Indio no existió diferencia significativa entre la estructura de las comunidades bentónicas de substrato blando con respecto a la variable temporal–estacional**, *i.e.* verano, otoño, invierno y primavera. Así lo demostró el Global $R = 0,06$; $p > 0,742$. La prueba de contrastes de pares entre estaciones del año analizados también resultaron no significativas. Esto se reflejó en el análisis de ordenamiento bidimensional nMDS con un valor aceptable de stress de $S = 0,19$ (Fig. 19a). Aquí se observó que no existió una clara separación entre grupos. El análisis SIMPER determinó que los **Tardigrada**, **Nematoda** y **Ostracoda** fueron los taxa que **más contribuyeron a explicar** esta disimilitud temporal con $> 30\%$ acumulado (Tabla 11a).

El análisis de similitud ANOSIM entre un año de muestreo con respecto al siguiente indicó que existieron bajas diferencias significativas, ya que el Global R = 0,281; $p < 0,008$. Este análisis fue aceptable para observar la separación entre los dos grupos. Así lo demostró el análisis de ordenamiento nMDS, en el cual se observó que los muestreos del 1.º año se ubicaron en la parte mitad–superior de la figura, y los del 2.º año de muestreo en la parte mitad–inferior de la misma (Fig. 19b). Según el análisis SIMPER para este tipo de sustrato, los taxa que más explicaron estas disimilitudes fueron los Tardigrada, Nematoda, Cyclopoidea y Ostracoda con $> 45 \%$ (Tabla 11b).

Fig. 19. Ordenamiento bidimensional del nMDS correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al sustrato blando de Punta Indio. Del 1 al 12 = meses del año; I, P, O y V = cuatro estaciones año; 02, 03, 04 = 2002, 2003 y 2004; respectivamente, B = sustrato blando, $n = 110$. a) Ordenamiento temporal en función de las estaciones del año: otoño, invierno, primavera y verano. b) Ordenamiento temporal en función del 1.º y 2.º año de muestreo.

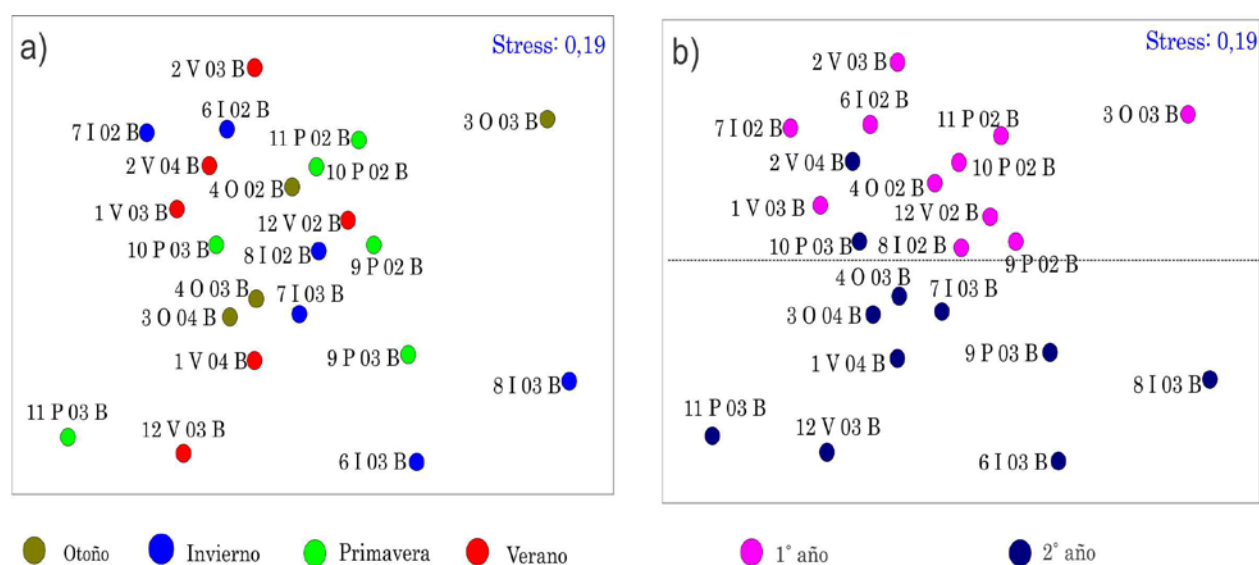


Tabla 11. Resultados de la prueba **SIMPER** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **substrato blando** de **Punta Indio** que muestra los taxa bentónicos que más contribuyeron a la disimilitud con relación a los factores: **a)** estaciones del año, y **b)** 1.° y 2.° año de muestreo. Los taxa se clasificaron por la disminución en el porcentaje de contribución (%). Las listas se cortaron cuando el porcentaje acumulado alcanzó alrededor del 50 % de contribución. Abreviaturas de los taxa ver **Tabla 3b**; n = 110.

a) Factor grupo: estaciones del año.

Grupo: Otoño vs. Invierno \bar{X} Disimilitud = 57,15			Grupo: Otoño vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 55,51			Grupo: Otoño vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 53,29		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
OST	12,01	12,01	NEM	17,22	17,22	TAR	13,69	13,69
TAR	10,86	22,87	TAR	15,81	33,03	NEM	10,66	24,35
NEM	9,62	32,49	OST	10,21	43,24	OST	9,77	34,11
HAR	7,99	40,48	CYC	9,93	53,17	BIV	8,89	43,00
CYC	7,43	47,91				CYC	7,27	50,27
Grupo: Invierno vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 57,26			Grupo: Inviern. vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 56,83			Grupo: Primav. vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 55,34		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
TAR	11,44	11,44	TAR	14,15	14,15	NEM	16,05	16,05
OST	10,21	21,65	NEM	12,24	26,39	TAR	14,99	31,04
NEM	8,72	30,37	CYC	11,63	38,01	CYC	10,98	42,02
BIV	8,33	38,70	OST	9,94	47,96	BIV	7,49	49,51
CYC	7,71	46,41	HAR	7,95	55,91			

b) Factor grupo: 1.° año vs. 2.° año.

\bar{X} Disimilitud = 58,61		
Taxa	% Contrib.	% Acum.
TAR	14,90	14,90
NEM	11,77	26,67
CYC	10,54	37,22
OST	8,87	46,08
BIV	6,31	52,39

El análisis **RELATE** para el **substrato blando** de **Punta Indio** reveló que existió una **baja correlación** entre la **matriz de similitud biológica** y la **ambiental** para el 1.° año de muestreo, ya que el $r_s = 0,325$; $p < 0,012$. Mientras que en el 2.° año no hubo correlación significativa, ya que el $r_s = 0,311$; $p > 0,116$. El análisis **BIOENV** arrojó valores bajos de correlación ($r < 0,4$); pero permitió observar que la la variación biológica se relacionaron mejor con la conductividad, el oxígeno disuelto y el % oxígeno en el 1.° año; mientras que con el pH y la conductividad en el 2.° año de muestreo (**Tabla 12**).

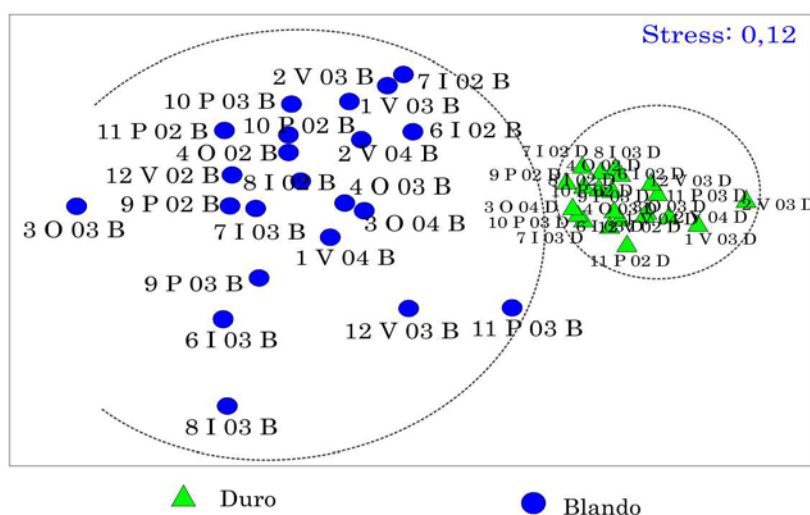
Tabla 12. Resumen de las cinco mejores combinaciones obtenidas del análisis del **BIOENV** para **substrato blando** de **Punta Indio** en el 1.º y 2.º año de muestreo. Valor de r (Correlación de Spearman). Abreviaturas en el texto.

1.º año de muestreo			2.º año de muestreo		
Número de variables	Valor de r	Variables implicadas	Número de variables	Valor de r	Variables implicadas
3	0,391	Cond, OD, %O	2	0,382	pH, Cond
3	0,386	SD, OD, %O	1	0,367	pH
2	0,373	Cond, %O	3	0,362	pH, T, Cond
4	0,371	T, Cond, OD, %O	3	0,362	pH, Cond, SD
2	0,367	SD, %O	3	0,358	pH, Cond, %O

Substrato duro *vs.* substrato blando

El análisis de similitud ANOSIM para ambos **substratos (duro *vs.* blando)** de **Punta Indio** indicó que **existió una gran diferencia significativa** en los periodos muestreados. Así lo demostró el Global R = 0,865; $p < 0,001$. Esto se ve reflejado en un buen ordenamiento bidimensional del nMDS, en la cual se observa una clara separación entre los dos grupos (Fig. 20). El valor de stress S = 0,12 resultó ser cercano al valor de S ideal ($\leq 0,1$). También se observó en la figura que hubo más apiñamiento en el substrato duro, *i.e.* mayor similitud entre sí, que en los muestreos del substrato blando.

Fig. 20. Ordenamiento bidimensional del análisis **nMDS** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas a los **substratos duro *vs.* blando** de **Punta Indio**. Del 1 al 12 = meses del año; I, P, O y V = cuatro estaciones del año; 02, 03, 04 = 2002, 2003 y 2004, respectivamente, D = substrato duro y B = substrato blando, n = 220.



La semejanza en el substrato duro estuvo definida por una similitud $\bar{X} = 66,52\%$ –representado principalmente por los Nematoda (36,98 %) y Bivalvia (20,39 %), explicando ambos taxa el 57,38 % de esta similitud–; mientras que en el substrato blando estuvo definida por una similitud $\bar{X} = 43,46\%$ –representado por Ostracoda (29,59 %) y Nematoda (18,48 %), explicando ambos taxa el 48,07 % de esta similitud–. La **disimilitud** entre el **substrato duro y el blando** fue $\bar{X} = 75,32\%$, **explicado** a través del análisis de SIMPER con los **Nematoda** (22,08 %), **Bivalvia** (15,52 %), **Tanaidacea** (6 %) y **Harpacticoida** (5,93 %). Estos grupos taxonómicos contribuyeron a la diferencia entre substratos con el 49,53 % acumulado.

5.3.2 Playa Bagliardi

Substrato duro

El análisis de similitud ANOSIM indicó que en **Playa Bagliardi** existió una **gran diferencia significativa entre la estructura de las comunidades bentónicas de substrato duro con respecto a la variable temporal–estacional**, *i.e.* verano, otoño, invierno y primavera. Así lo demostró el Global $R = 0,567$; $p < 0,002$. La prueba de contrastes de pares entre estaciones del año arrojó valores altamente significativos de $R \approx 1$; *e.g.* el otoño *vs.* invierno $R = 0,958$; $p < 0,01$; otoño *vs.* primavera $R = 0,708$; $p < 0,04$; e invierno *vs.* verano $R = 0,63$; $p < 0,02$. Estos resultados se reflejan en análisis de ordenamiento nMDS con un valor aceptable de stress de $S = 0,16$ (Fig. 21a). En este ordenamiento bidimensional no se observó un claro apiñamiento entre grupos, pero sí se distingue la separación entre ellos en función de las estaciones del año. La rutina SIMPER identificó cuáles taxa fueron los responsables de estas disimilitudes significativas, observadas en los contrastes de pares hechos con el análisis ANOSIM y nMDS. Los **Bivalvia** y **Nematoda** fueron los principales **grupos taxonómicos que explicaron** con $> 30\%$ estas disimilitudes estacionales encontradas, luego ocurrieron los Oligochaeta, Rotifera, Tardigrada y Tanaidacea completando el 50 % acumulado en la contribución (Tabla 13a).

El análisis de similitud ANOSIM **entre un año de muestreo con respecto al siguiente** indicó que también hubo una **clara diferencia significativa**, ya que el Global $R = 0,472$; $p < 0,009$. Si bien en el ordenamiento bidimensional del nMDS no existió un apiñamiento en cada uno de los dos grupos, se observó una separación

entre ellos (Fig. 21b). Según el análisis SIMPER, los **Bivalvia** y **Nematoda** fueron los dos principales grupos que explicaron esta disimilitud con > 33 % acumulado (Tabla 13b).

Fig. 21. Ordenamiento bidimensional del **nMDS** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **substrato duro** de **Playa Bagliardi**. Del 1 al 12 = meses del año; I, P, O y V = cuatro estaciones del año; 02, 03, 04 = 2002, 2003 y 2004, respectivamente; D = substrato duro, n = 110. **a)** Ordenamiento temporal en función de las estaciones del año: otoño, invierno, primavera y verano. **b)** Ordenamiento temporal en función del 1.º y 2.º año de muestreo.

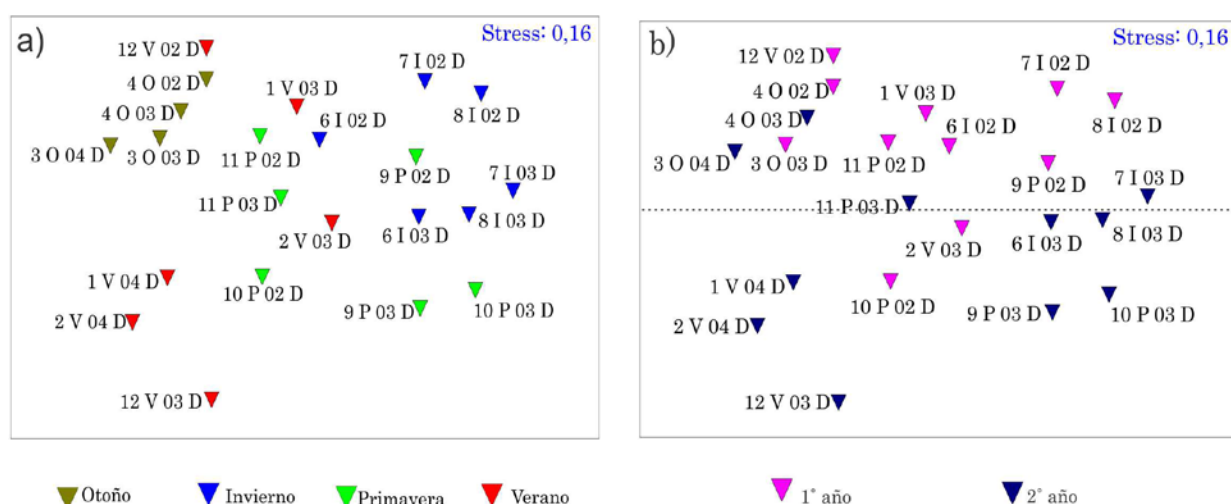


Tabla 13. Resultados de la prueba **SIMPER** para el **substrato duro** de **Playa Bagliardi** que muestra los taxa bentónicos que más contribuyeron a la disimilitud en relación con los factores: **a)** estaciones del año, y **b)** 1.º y 2.º año de muestreo. Los taxa se clasificaron por la disminución en el porcentaje de contribución (%). Las listas se cortaron cuando el porcentaje acumulado alcanzó alrededor del 50 % de contribución. Abreviaturas de los taxa ver **Tabla 3c**; n = 110.

a) Factor grupo: estaciones del año.

Grupo: Otoño vs. Invierno \bar{X} Disimilitud = 50,2			Grupo: Otoño vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 45,69			Grupo: Otoño vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 39,39		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	34,26	34,26	BIV	32,15	32,15	BIV	31,92	31,92
NEM	17,48	51,74	NEM	8,29	40,44	OLI	15,00	46,93
			OLI	6,64	47,07	ROT	6,57	53,50
			TAR	6,33	53,41			
Grupo: Invierno vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 47,32			Grupo: Invier. vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 38,6			Grupo: Primav. vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 43,57		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
NEM	23,28	23,28	NEM	16,04	16,04	BIV	15,96	15,96
BIV	14,32	37,61	BIV	13,53	29,56	NEM	12,09	28,05
OLI	10,45	48,05	OLI	10,61	40,18	TAR	8,44	36,49
ROT	7,36	55,41	TAN	6,82	47,00	ROT	7,20	43,69
			DIP	6,75	53,74	TAN	6,41	50,10

b) Factor grupo: 1.º año vs. 2.º año.

\bar{X} Disimilitud = 43,93		
Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	20,16	20,16
NEM	12,98	33,14
ROT	8,59	41,74
OLI	8,24	49,98

El análisis RELATE para el **substrato duro de Playa Bagliardi** reveló que **no existieron diferencias significativas entre la matriz de similitud biológica y la ambiental**, ya que para el 1.º año de muestreo el $r_s = 0,026$; $p > 0,464$; mientras que para el 2.º año de muestreo el $r_s = 0,042$; $p > 0,37$. El análisis BIOENV arrojó valores de correlación bajos ($r < 0,4$); pero permitió observar que la variación biológica estuvo mejor relacionada con la conductividad, los sólidos disueltos y el oxígeno disuelto en el 1.º año de muestreo; mientras que con la temperatura y el oxígeno disuelto para el 2.º año (Tabla 14).

Tabla 14. Resumen de las cinco mejores combinaciones obtenidas del análisis del **BIOENV** para **substrato duro de Playa Bagliardi** en el 1.º y 2.º año de muestreo. Correlación de Spearman (r). Abreviaturas en el texto.

1.º año de muestreo			2.º año de muestreo		
Número de variables	Valor de r	Variables implicadas	Número de variables	Valor de r	Variables implicadas
3	0,315	Cond, SD, OD	2	0,399	T, OD
1	0,306	Cond	1	0,378	OD
2	0,289	Cond, OD	3	0,337	T, OD, %O
2	0,281	SD, OD	2	0,332	T, %O
2	0,280	Cond, SD	2	0,325	OD, %O

Substrato blando

Contrariamente a lo observado en el substrato duro, el análisis de similitud ANOSIM indicó que en **Playa Bagliardi no existió diferencia significativa entre la estructura de las comunidades bentónicas de substrato blando con respecto a la variable temporal–estacional**, *i.e.* verano, otoño, invierno y primavera. Así lo demostró el Global $R = 0,173$; $p > 0,063$. Lo mismo ocurrió con cada una de los

contrastes de pares de estaciones del año. Estos resultados se reflejan en el análisis de ordenamiento bidimensional nMDS, con un valor aceptable de stress de $S = 0,17$ (Fig. 22a). En la figura se observa un agrupamiento de los muestreos de una misma estación del año, pero no alcanzan a separarse los grupos entre sí con claridad. El análisis SIMPER determinó que los **Bivalvia**, **Nematoda**, **Rotifera**, **Cyclopidea** e **Hidrachnidia** fueron los principales taxa, en general, que **contribuyeron a explicar** estas disimilitudes estacionales con $> 40\%$ acumulado (Tabla 15a).

El análisis de similitud ANOSIM entre un año de muestreo con respecto al siguiente indicó que **no existieron diferencias significativas**, ya que el Global $R = 0,191$; $p > 0,074$. Así lo demostró el análisis de ordenamiento nMDS donde no se observó una clara separación entre el 1.º y 2.º año de muestreo (Fig. 22b). Según el análisis SIMPER para este tipo de sustrato, los **grupos que más explicaron** estas disimilitudes fueron los **Tardigrada**, **Nematoda** y **Cyclopoidea** con $> 50\%$ acumulado (Tabla 15b).

Fig. 22. Ordenamiento bidimensional del nMDS correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **sustrato blando** de **Playa Bagliardi**. Del 1 al 12 = meses del año; I, P, O y V = las cuatro estaciones año; 02, 03, 04 = 2002, 2003 y 2004, respectivamente; B = sustrato blando, $n = 110$. **a)** Ordenamiento temporal en función de las estaciones del año: otoño, invierno, primavera y verano. **b)** Ordenamiento temporal en función del 1.º y 2.º año de muestreo.

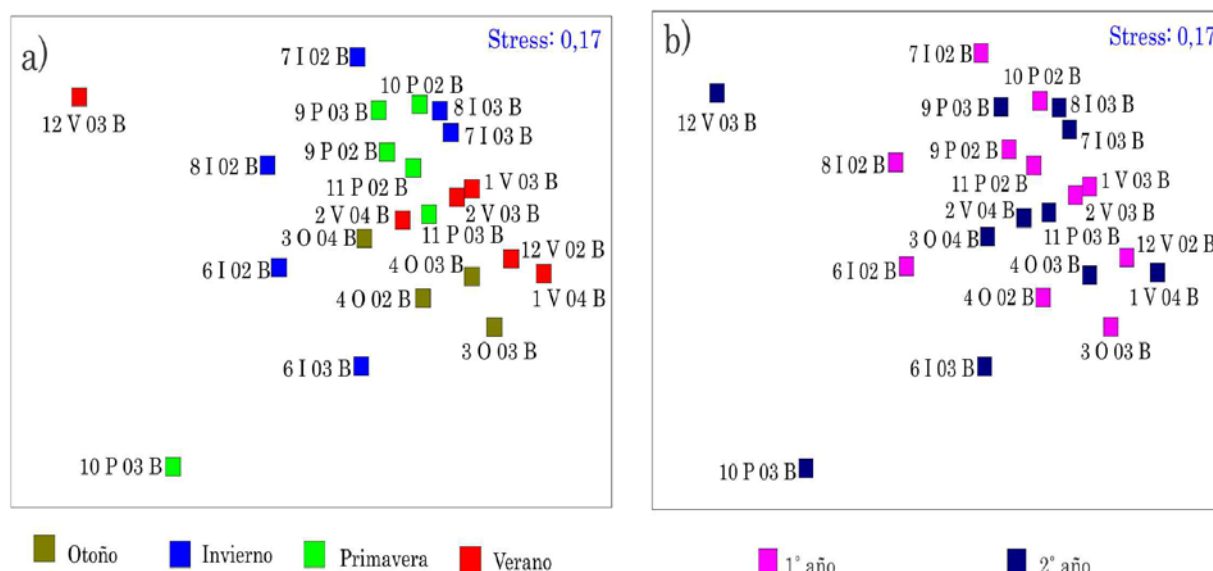


Tabla 15. Resultados de la prueba **SIMPER** para el **substrato blando** de **Playa Bagliardi** que muestra los taxa bentónicos que más contribuyeron a la di/similitud en relación con los factores: **a)** estaciones del año, y **b)** 1.° y 2.° año de muestreo. Los taxa se clasificaron por la disminución en el porcentaje de contribución (%). Las listas se cortaron cuando el porcentaje acumulado alcanzó al rededor del 50 % de contribución. Abreviaturas de los taxa ver **Tabla 3d**; n = 110.

a) Factor grupo: estaciones del año.

Grupo: Otoño vs. Invierno \bar{X} Disimilitud = 60,05			Grupo: Otoño vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 56,99			Grupo: Otoño vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 55,15		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	25,09	25,09	BIV	24,67	24,67	BIV	16,86	16,86
HID	9,50	34,59	CYC	10,30	34,97	ROT	13,83	30,68
NEM	8,53	43,12	TAR	7,11	42,08	NEM	11,32	42,01
CYC	7,84	50,96	NEM	7,08	49,16	GAS	9,11	51,12
			CAL	6,61	55,78			
Grupo: Invierno vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 63,8			Grupo: Inviern. vs. Primav. \bar{X} Disimilitud = 57,33			Grupo: Primav. vs. Verano \bar{X} Disimilitud = 60,17		
Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.	Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	13,50	13,50	CYC	11,87	11,87	BIV	12,93	12,93
ROT	12,65	26,15	HID	9,41	21,28	ROT	12,52	25,45
NEM	10,79	36,94	TAR	8,67	29,95	NEM	10,72	36,17
HID	7,42	44,36	NEM	7,71	37,67	CYC	8,16	44,34
GAS	7,13	51,49	BIV	7,27	44,94	GAS	7,34	51,67
			CAL	7,01	51,95			

b) Factor grupo: 1.° año vs. 2.° año.

\bar{X} Disimilitud = 59,02		
Taxa	% Contrib.	% Acum.
BIV	14,22	14,22
ROT	10,20	24,42
NEM	9,15	33,57
CYC	8,43	42,00
HID	6,60	48,60
TAR	6,45	55,04

El análisis **RELATE** para el **substrato blando** de **Playa Bagliardi** reveló que **no existió correlación entre la matriz de similitud biológica y la ambiental**, ya que para el 1.° año de muestreo el $r_s = 0,274$; $p > 0,074$; mientras que para el 2.° año de muestreo el $r_s = 0,04$; $p > 0,486$. El análisis **BIOENV** permitió observar que la temperatura y conductividad fueron las variables físicas y químicas que mejor se relacionaron con la variación biológica en el 1.° año de muestreo; mientras que el pH y la temperatura lo fueron para el 2.° año de muestreo, si bien para este último año los valores de correlación fueron muy bajos, $r < 0,035$ (**Tabla 16**).

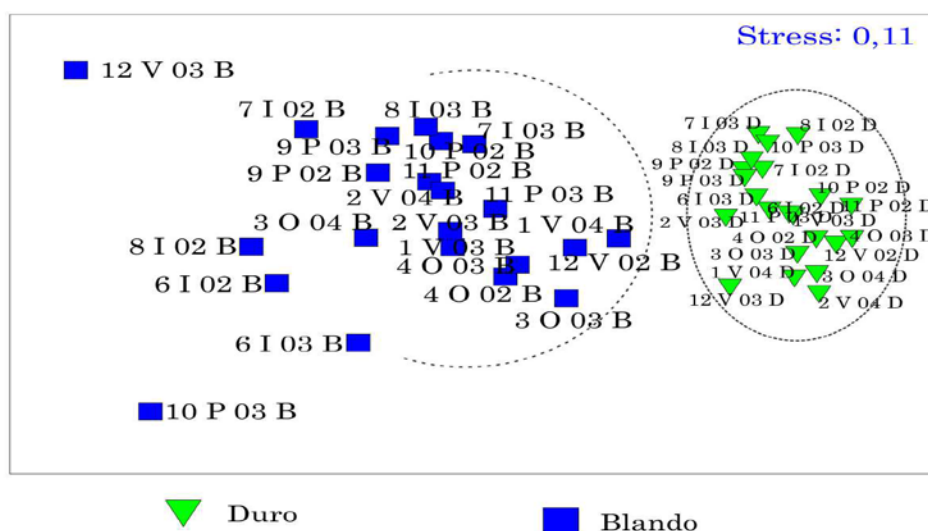
Tabla 16. Resumen de las cinco mejores combinaciones obtenidas del análisis del **BIOENV** para **substrato blando** de **Playa Bagliardi** en el 1.° y 2.° año de muestreo. Correlación de Spearman (r). Abreviaturas en el texto.

1.° año de muestreo			2.° año de muestreo		
Número de variables	Valor de r	Variables implicadas	Número de variables	Valor de r	Variables implicadas
2	0,485	T, Cond	2	0,032	pH, T
2	0,484	T, SD	3	0,027	pH, T, Cond
3	0,465	T, Cond, SD	1	0,027	Cond
1	0,458	T	3	0,013	pH, T, %O
4	0,401	T, Cond, SD, OD	4	0,010	pH, T, Cond, %O

Substrato duro vs. substrato blando

El análisis de similitud ANOSIM para ambos **substratos (duro vs. blando)** de **Playa Bagliardi** indicó que **existió una gran diferencia significativa en ambos periodos muestreados**. Así lo demostró el Global R = 0,822; $p < 0,001$. Esto se ve reflejado en un buen ordenamiento bidimensional del nMDS, donde se observa una clara separación entre los dos grupos, con un valor de stress casi ideal, S = 0,11 (**Fig. 23**). También se pudo observar que hubo un mayor apiñamiento en el substrato duro, *i.e.* mayor similitud entre sí, que en el substrato blando.

Fig. 23. Ordenamiento bidimensional del **nMDS** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **substrato duro vs. blando** de **Playa Bagliardi**. Del 1 al 12 = meses del año; I, P, O y V = cuatro estaciones año; 02, 03, 04 = 2002, 2003 y 2004; respectivamente, D = substrato duro y B = substrato blando, n = 220.



La semejanza en el substrato duro estuvo definida por una similitud $\bar{X} = 57,9$ % –representado principalmente por los Bivalvia (34,81 %) y Nematoda (25,38 %), explicando ambos taxa el 60,19 % de esta similitud–; mientras que en el substrato blando la similitud $\bar{X} = 41,49$ % –representado por Nematoda (32,91 %) y Bivalvia (16,96 %), explicando ambos taxa el 49,87 % de esta similitud–. La **disimilitud entre substrato duro y blando** fue en $\bar{X} = 76,95$ %, **explicado** a través del análisis de SIMPER con Bivalvia (24,9 %), Nematoda (15,87 %) y Oligochaeta (9,97 %). Estos grupos taxonómicos contribuyeron a esta diferencia entre substratos con un 50,56 % acumulado.

5.3.3 Río Paraná Inferior, Medio y Alto

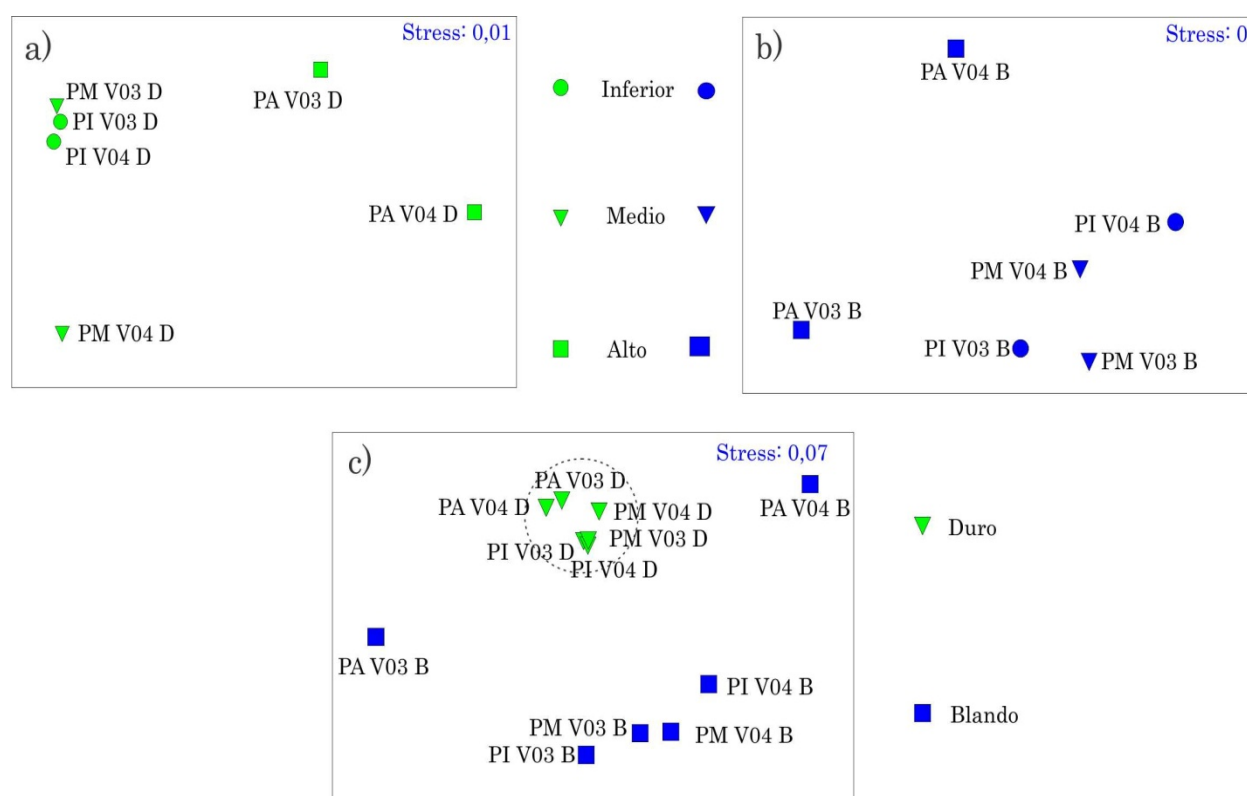
Substrato duro y blando

En los muestreos de verano de 2003 y de 2004 realizados en el **río Paraná (Inferior, Medio y Alto)**, el análisis ANOSIM indicó que **no hubo diferencias significativas en la estructura de las comunidades bentónicas del substrato duro entre los tres sitios**. Así lo demostró el Global R = 0,667; $p > 0,133$. **Tampoco existió una diferencia significativa para el substrato blando**. Así lo demostró el análisis Global R = 0,194; $p > 0,333$. Estos resultados se observan en el ordenamiento bidimensional del nMDS, con un valor ideal de stress de S = 0,01 y 0 (cero); respectivamente (Fig. 24a y b). El análisis SIMPER demostró que la semejanza en el **substrato duro** entre los tres sitios fue en $\bar{X} = 53,59$ %; **definida por Bivalvia** (42,41 %) y **Nematoda** (17,88 %), *i.e.* un 60,29 % acumulado entre ambos taxa. Mientras que para el **substrato blando** la semejanza fue en $\bar{X} = 21,81$ %; **definida** principalmente por **Oligochaeta** (34,89 %) y **Nematoda** (32,93 %), *i.e.* un 67,82 % acumulado entre ambos taxa.

Por otro lado, el análisis ANOSIM indicó una **marcada diferencia significativa de las comunidades bentónicas entre los dos tipos de substratos (duro vs. blando) en los tres sitios** relevados del **río Paraná**. Así lo demostró el Global R = 0,467; $p < 0,002$. Esto se observa en el ordenamiento bidimensional del nMDS, con un valor ideal de stress de S = 0,07 (Fig. 24c). Se diferencian claramente los dos grupos o tipos de substratos, mostrando al substrato duro con un mayor apiñamiento, *i.e.* mayor similitud entre sí, que el substrato blando. El análisis SIMPER identificó

cuáles taxa explicaron mejor el ordenamiento hallado en el análisis ANOSIM y nMDS, y demostró que la **disimilitud** entre el substrato duro y el blando entre los tres sitios fue en $\bar{X} = 85,53 \%$; **definida por Bivalvia** (29,37 %) y **Copepoda Harpacticoidea** (10,6 %), **Nematoda** (10,13 %), **Oligochaeta** (8,48 %), *i.e.* un 58,58 % acumulado entre estos taxa.

Fig. 24. Ordenamiento bidimensional del **nMDS** correspondiente a las comunidades de invertebrados asociadas al **a)** substrato duro, $n = 30$; **b)** substrato blando, $n = 26$; y **c)** substrato duro *vs.* blando, $n = 56$; en muestreos del verano 2003 y 2004 **del río Paraná** (Inferior, Medio y Alto).



El análisis RELATE reveló que en los **tres sitios del río Paraná** existió una **correlación significativa** entre la **matriz de similitud biológica** y la **ambiental**, tanto para el **substrato duro** como para el **substrato blando**, ya que el $r_s = 0,718$; $p < 0,035$; y $r_s = 0,8$; $p < 0,014$; respectivamente. El análisis BIOENV permitió observar que el pH, temperatura y sólidos disueltos fueron las variables físicas y químicas que mejor se relacionaron con la variación biológica en el substrato duro, mientras que el pH, temperatura, conductividad y sólidos disueltos lo fueron para el substrato blando (Tabla 17).

Tabla 17. Resumen de las cinco mejores combinaciones obtenidas del análisis del **BIOENV** para sustrato duro y blando del **río Paraná** durante el verano 2003 y2004. Correlación de Spearman (r). Abreviaturas en el texto.

río Paraná Sustrato Duro			río Paraná Sustrato Blando		
Número de variables	Valor de r	Variables implicadas	Número de variables	Valor de r	Variables implicadas
3	0,871	pH, T, SD	4	0,631	pH, T, Cond, SD
3	0,868	pH, T, Cond	4	0,631	pH, T, SD, OD
4	0,868	pH, T, Cond, OD	5	0,631	pH,T,Cond,SD,OD
3	0,864	pH, Cond, % O	3	0,620	pH, SD,%O
4	0,861	pH, T, Cond, SD	4	0,620	pH, T, SD, % O

Capítulo 6 La Funcionalidad

“Lo que no se usa se atrofia”

LOS GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTARIOS (GFA)

Los organismos registrados en este estudio fueron asociados en diferentes grupos, en función de su modo de alimentación. Como se mencionó en el Capítulo 4 de Materiales y Métodos Empleados, se definieron **cuatro categorías tróficas** según Cummins & Klug (1979), Cummins & Wilzbach (1985), Bonetto & Wais (1995), Merrit & Cummins (1996) y Marchese *et al.* (2014). Grupo 1: **fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros (G1)**; Grupo 2: **filtradores y recolectores (G2)**; Grupo 3: **raspadores y ramoneadores (G3)**; y Grupo 4: **predadores (G4)**. No todos los taxa identificados de los distintos sitios de muestreo pudieron ser asignados a una única categoría alimentaria, debido a la combinación de categorías; pero se escogió aquel GFA que predomina en el taxa en cuestión, según la bibliografía citada (Tabla 18).

Tabla 18. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) asignados a cada taxa encontrados en los sitios de muestreo de la Cuenca del Plata. Fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros (G1); recolectores y filtradores (G2); raspadores y ramoneadores (G3); y predadores (G4).

Taxa	Grupo funcionales alimentario
CILIOPHORA FORAMINIFERA	El género <i>Vorticella</i> (G2) se alimenta de microalgas y bacterias. La especie <i>Ammonia beccarii</i> (G2) suelen capturar partículas del sustrato y algas microscópicas con sus seudópodos.
CNIDARIA	Los Hidrozoa como <i>Hydra</i> sp. y <i>Cordylophora caspia</i> (G4) suelen capturar pequeñas presas como Cladocera.
PLATYHELMINTHES	El grupo de los Turbellaria son en su mayoría predadores, como los géneros de <i>Macrostomidae</i> , <i>Dugesiidae</i> y <i>Mesostoma</i> sp. Atrapan Rotifera, Cladocera y pequeños gusanos (G4). Existen comensales como algunos <i>Temnocheppala</i> sp.
ROTIFERA	La mayoría son omnívoros e ingieren partículas orgánicas, algas microscópicas y bacterias, como el género <i>Brachionus</i> (G2). Otros son predadores.
NEMATODA	Variedad en la alimentación. Muchos son alimentadores de depósito, partículas del sustrato (sedimentívoros) y materia orgánica muerta (G1). Hay herbívoros y hasta succionadores.

CONTINUACIÓN

HIRUDINEA	Los Glossiphoniidae, como el género <i>Helobdella</i> (G4), son en su mayoría carnívoros y predan sobre Nematoda, Oligochaeta y larvas de Chironomidae.
OLIGOCHAETA	Presentan un amplio intervalo alimentario, desde detritívoros y herbívoros (G1), raspadores (G3) hasta predadores (G4), pero la mayoría son recolectores como en gran parte de los Tubificidae <i>Naidinae</i> (G2).
POLYCHAETA	<i>Neanthes succinea</i> (G1) es una especie oportunista en su alimentación, ingiere depósitos de sedimentos no selectivo, pastorea material vegetal y materia orgánica disuelta, también captura meiofauna.
BIVALVIA	<i>Limnoperna fortunei</i> y <i>Corbicula fluminea</i> (G2) son ambas especies filtradores de partículas en suspensión.
GASTROPODA	Es un grupo recolector/filtrador, pero existen raspadores/pastadores como <i>Uncancylus concentricus</i> y los géneros <i>Heleobia</i> y <i>Potamolithus</i> (G3).
TARDIGRADA	La mayoría son fitófagos alimentándose de bacterias y algas como la especie <i>Dactylobiotus dispar</i> (G1), también hay succionadores de Nematoda y Rotifera.
HYDRACHNIDIA	La mayoría son predadores (G4) de Crustacea y larvas de Chironomidae.
HARPACTICOIDA	Copepoda de variada alimentación; en general, hacen rastrillaje del sedimento (detritívoro), como <i>Cletocamptus deitersi</i> (G1).
CYCLOPOIDA	Copepoda de variada alimentación. Los <i>Cyclopidae</i> (G1) tienen hábitos omnívoros, se alimentan de detritus vegetal (algas), heces, microorganismos y hasta de invertebrados muertos. Hay especies carnívoras.
CALANOIDA	Copepoda de variada alimentación. Son herbívoros, omnívoros y carnívoros, pero la mayoría son filtradores de fitoplancton y recolectores de detritus como el grupo <i>Centropagidae</i> (G2).
CLADOCERA	Los géneros encontrados de la familia <i>Chydoridae</i> , <i>Bosminidae</i> , <i>Monidae</i> , <i>Daphnidae</i> , <i>Macrothricidae</i> y <i>Sididae</i> (G2) tienen un amplio espectro alimentario, ya que hay predadores, detritívoros y herbívoros, pero la mayoría son filtradores y recolectores de detritus orgánicos, bacterias y protozoa.
OSTRACODA	Diversidad funcional alimentaria alta, pero la mayoría omnívoros, filtradores, consumidores de materia suspendida y de finas partículas de detritus, como los <i>Cyprididae</i> (G2) hallados.
CIRRIPIEDIA	La especie <i>Balanus improvisus</i> (G2) es filtrador, alimentándose de partículas suspendidas en la columna de agua.
AMPHIPODA	La mayoría son voraces detritívoras y carroñeros, como la <i>Hyalella</i> sp. y <i>Corophium rioplatensis</i> (G1). Estas son alimentadores de depósitos y de partículas suspendidas.
TANAIDACEA	Adaptados más a la alimentación por recolección y filtración de materia suspendida como las especie <i>Sinelobus stanfordi</i> y <i>Kalliapseudes schubarti</i> (G2).
CUMACEA	Los Nannastacidae, como <i>Claudicuma platensis</i> (G4), son más de hábitos predadores de Foraminifera y pequeños Crustacea.

CONTINUACIÓN

ISOPODA	Amplio intervalo de alimentación. Son carnívoros y carroñeros, pero la mayoría detritívoros y omnívoros como <i>Heterias (Fritzianira) exul</i> , <i>Pseudophaeroma platense</i> y <i>Basphaeroma rhombofrontale</i> (G1).
DECAPODA	En general, omnívoros, herbívoros y alimentadores de depósitos como el cangrejo <i>Chasmagnathus granulata</i> (G1). Excepcionalmente predadores.
COLLEMBOLA	Suelen alimentarse de vegetación en descomposición, bacterias y hongos asociados a la película superficial, como las especies halladas de <i>Sminthuridae</i> , <i>Isotomidae</i> , <i>Poduridae</i> y <i>Entomoebridae</i> (G2).
ODONATA	Los <i>Coenagrionidae</i> (G4) encontrados son predadores de larvas de Diptera y Cladocera.
EPHEMEROPTERA	Larvas herbívoras que se alimentan de restos de vegetales del sedimento, recogen detritus y pastan las algas y bacterias. Las larvas de <i>Baetidae</i> (G2) son recolectores, mientras que los <i>Caenidae</i> (G3) son más raspadores.
TRICHOPTERA	Gran diversidad alimentaria. Los <i>Hydroptilidae</i> (G3) hallados son principalmente raspadores de perifiton y partículas finas que recubren las superficies de las rocas.
THYSANOPTERA	Son principalmente succionadores (G4).
DIPTERA	En general, las larvas de <i>Ceratopogonidae</i> (G2) son recolectores, algunos succionadores/predadores. Las larvas de <i>Chironomidae</i> (G2) tienen una gran diversidad alimentaria, encontrándose recolectores, herbívoros como los <i>Orthocladiinae</i> , detritívoros en <i>Chironominae</i> y predadores como en <i>Tanypodinae</i> . En general, las larvas de <i>Dolichopodidae</i> (G4) son predadoras. Las larvas de <i>Empididae</i> (G4) también son en su mayoría son predadoras. Las larvas de <i>Psychodidae</i> (G1) se alimentan de algas, hongos, bacterias, vegetales en descomposición y materia orgánica.
PLECOPTERA	Se alimentan de algas bénticas y vegetación (G1), algunas son depredadores de ninfas de Ephemeroptera y otros insectos acuáticos pequeños.
COLEOPTERA	Gran diversidad alimentaria. Son muy frecuentes larvas fitófagas y detritívoras (G1). Hay también predadoras como los <i>Hydrophilidae</i> (G4).

6.1 GFA EN PUNTA INDIO

Se analizaron los GFA en términos de riqueza de taxa y porcentaje (%) de abundancia/dominancia.

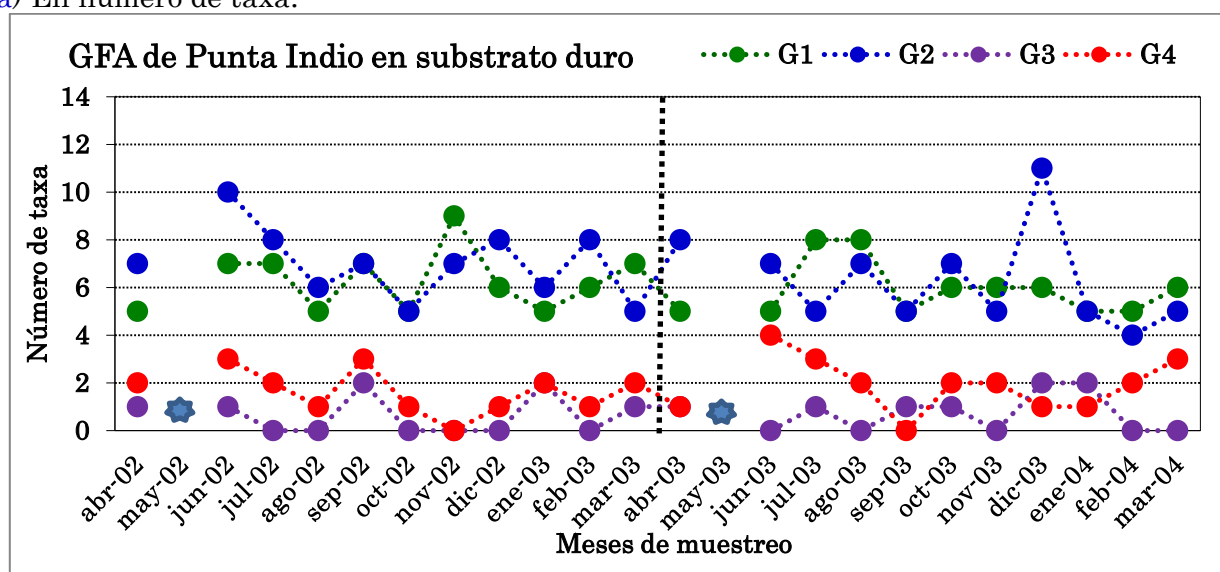
Substrato duro

Sobre una **riqueza (S)** en $\bar{X} = 15 \pm 2,74$ taxa registrados por mes en el **substrato duro** de **Punta Indio**, el análisis de la distribución de los diferentes **grupos funcionales alimentarios** mostró, en general, que el G2 (recolectores y filtradores) fue el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómicos, con un $\bar{X} = 6,64 \pm 1,76$. En segundo lugar se ubicó el G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros), con un $\bar{X} = 6,09 \pm 1,19$ taxa. En tercer lugar, se situó el G4 (depredadores) con un $\bar{X} = 1,77 \pm 1,02$ taxa. El menos representado fue el G3 (raspadores y ramoneadores) con un $\bar{X} = 0,68 \pm 0,78$ taxa (Fig. 25a). Se observó una oscilación regular en cada GFA, con una misma tendencia en ambos periodos de muestreos y sin marcadas amplitudes dentro de cada uno de los grupos.

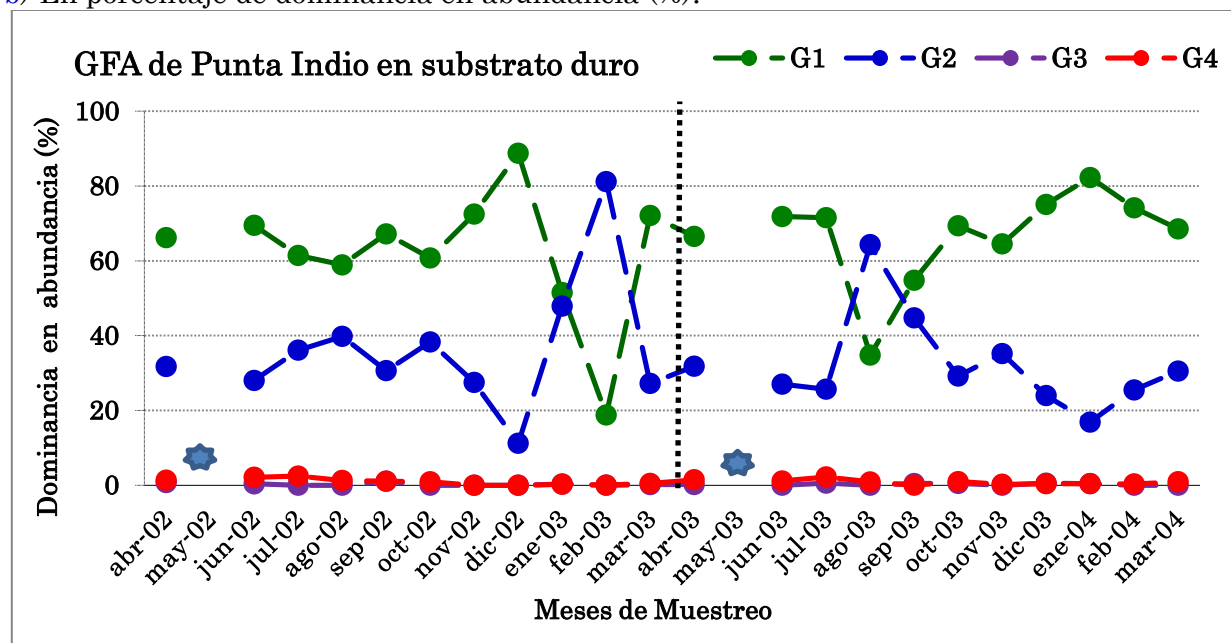
En cuanto a los **GFA** representados en función de la **dominancia** en la **abundancia de individuos**, los G1 fueron ampliamente superiores con un $\bar{X} = 64,61 \pm 14,19$ %, relegando a un segundo lugar al G2, con un $\bar{X} = 34,3 \pm 15,11$ %. Muy por debajo de estos valores se ubicaron el G4 y el G3 con < 1 % de dominancia por mes. Se observa una tendencia opuesta en cuanto a los ascensos y descensos de los valores del G1 y G2, en ambos periodos de muestreos, pero dominando el G1 en la mayoría de los meses (Fig. 25b).

Fig. 25. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos para **substrato duro** de **Punta Indio**. G1 (Fragmentador /Desmenuzador /Triturador/Herbívoro/Detritívoro), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 110. ⬠ Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).



Substrato blando

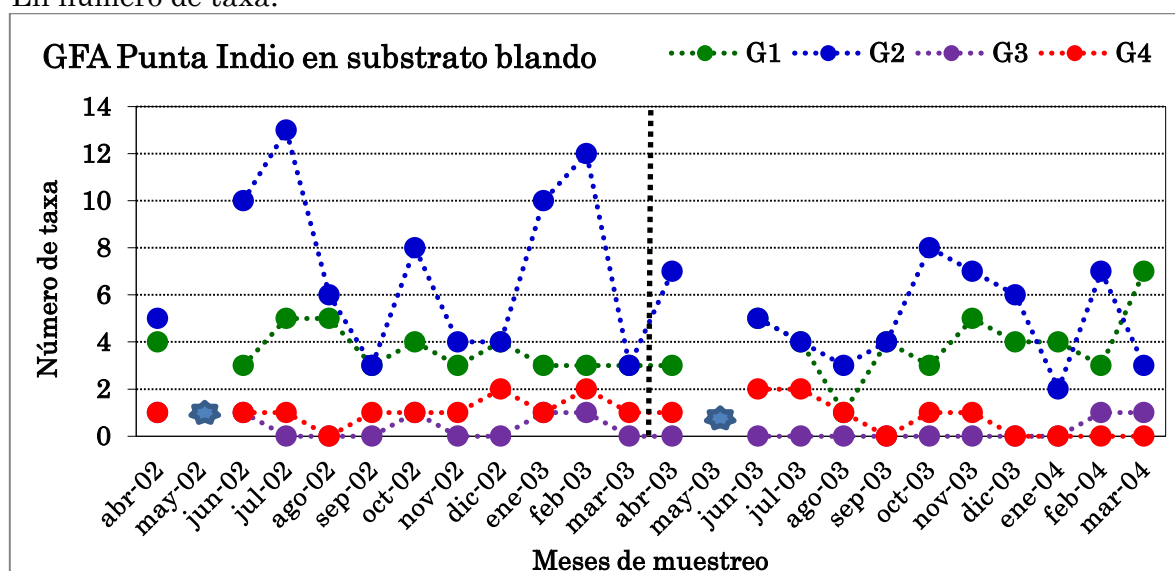
Sobre una **riqueza (S)** en $\bar{X} = 11 \pm 3,61$ taxa registrados en el **substrato blando** de **Punta Indio**, el análisis de la distribución de los diferentes grupos funcionales alimentarios mostró que, en general, el G2 (recolectores y filtradores) es una vez más el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómico, con un $\bar{X} = 6,09 \pm 3,07$. En segundo lugar se ubicó el G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros), con un $\bar{X} = 3,77 \pm 1,19$ taxa. En tercer lugar se registró el G4 (depredadores), con un $\bar{X} = 0,91 \pm 0,68$ taxa. Los menos representados fueron el G3 (raspadores y ramoneadores) con un $\bar{X} = 0,32 \pm 0,48$ taxa (Fig. 26a).

En cuanto a los **GFA** representados en función de la **abundancia relativa de individuos**, el G1 fueron los dominantes con un $\bar{X} = 49,57 \pm 21,86$ %. Una abundancia menor presentó el G2 con un $\bar{X} = 45,47 \pm 21,8$ %. Muy por debajo de estos dos valores, el G4 y G3 con un $\bar{X} = 3,8$ % y 1,15 %; respectivamente. Se observa una tendencia opuesta en los ascensos y descensos de los valores del G1 y G2 en ambos periodos de muestreos, pero con una alternancia en la dominancia entre estos dos GFA principales, y con una oscilación mucho más marcada comparada con la abundancia relativa de los GFA del sustrato duro. Se observa también un ligero patrón estacional, donde en los meses de verano ('02 y '03) el G2

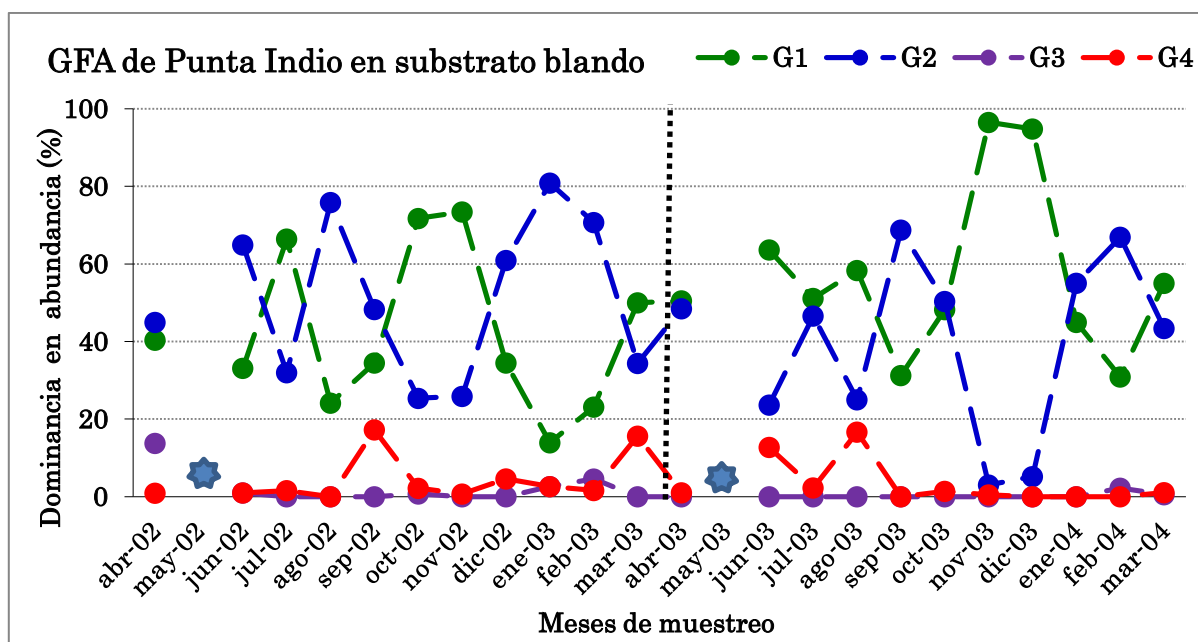
es dominador en la abundancia, mientras que en meses de primavera ('02 y '03) el G1 tiene su supremacía por sobre los demás (Fig. 26b).

Fig. 26. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos en el **substrato blando** de **Punta Indio**. G1 (Fragmentador /Desmenuzador/ Triturador/Herbívoro/Detritívoro), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 110. ⬠ Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).



6.2 GFA EN PLAYA BAGLIARDI

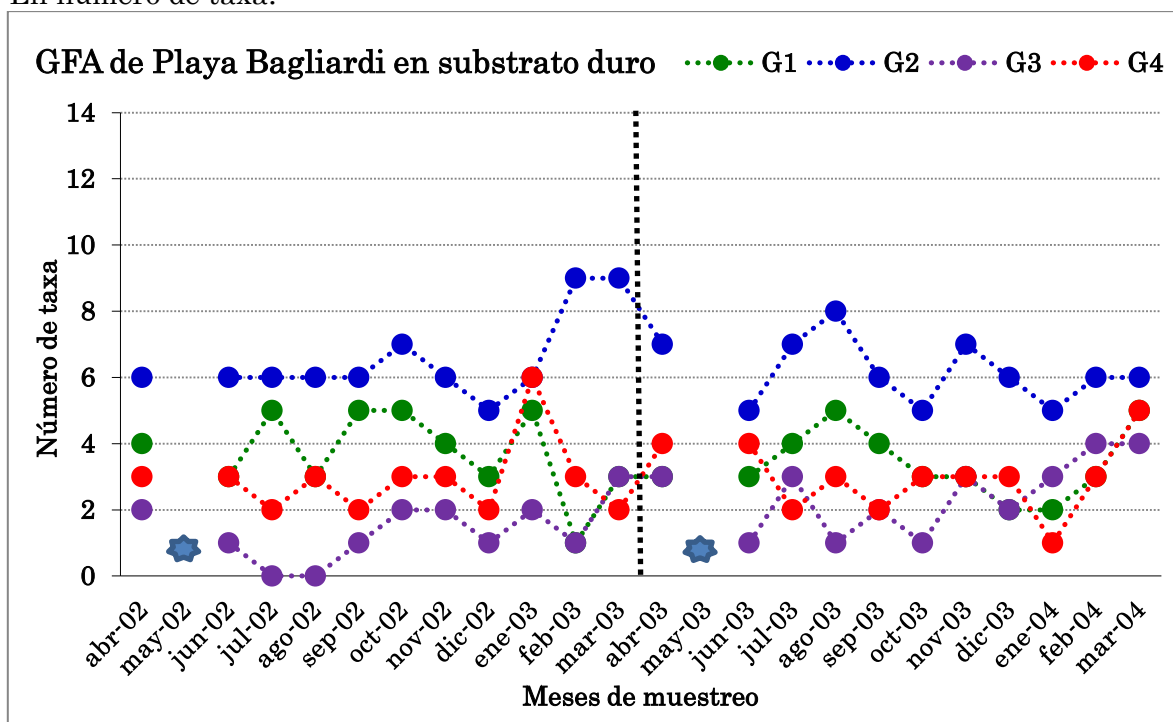
Substrato duro

Sobre una **riqueza (S)** en $\bar{X} = 15 \pm 2,47$ taxa registrados por mes en el **substrato duro** de **Playa Bagliardi**, el análisis de la distribución de los diferentes **grupos funcionales alimentarios** mostró, en líneas generales, que el G2 (recolectores y filtradores) fue el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómicos con un $\bar{X} = 6,36 \pm 1,14$. En segundo lugar se ubicó el G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros), con un $\bar{X} = 3,55 \pm 1,14$ taxa. En tercer lugar el G4 (depredadores), con un $\bar{X} = 2,95 \pm 1,09$ taxa, mientras que los menos representados fueron los G3 (raspadores y ramoneadores) con un $\bar{X} = 1,91 \pm 1,15$ taxa. Se observó como cada GFA tiene la tendencia a mantenerse en un estrecho rango de mínimos y máximos de riquezas, en ambos periodos de muestreos (Fig. 27a).

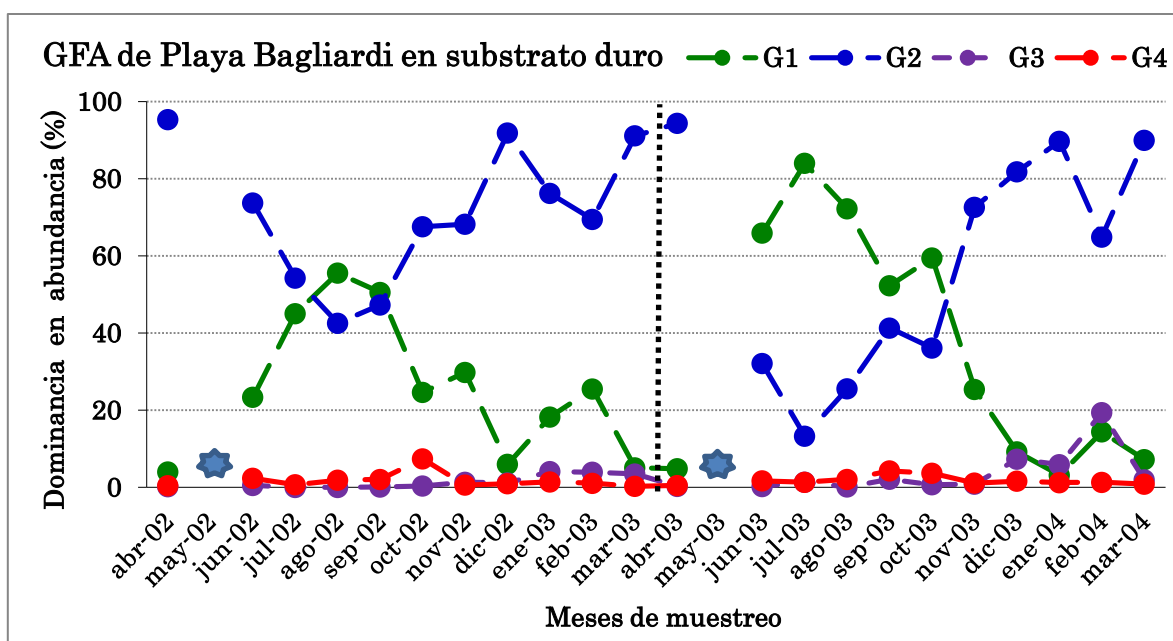
El patrón de variación estacional de la **abundancia relativa de los GFA**, mostró que también fueron los G2 los dominantes con un $\bar{X} = 64,52 \pm 24,53$ %. Este valor es alcanzado principalmente por la gran densidad de mejillones filtradores. El G2 alcanzó un valor $\bar{X} = 31,18 \pm 25,17$ %. Muy por debajo de este grupo se registraron al G3 y G4 con un $\bar{X} = 2,52$ % y $1,77$ %; respectivamente. Se advierte un patrón estacional similar de un año de muestreo con respecto al siguiente, especialmente en el G1 y G2. Es decir, presenta una fluctuación regular en ambos periodos de muestreos, con tendencia del G1 en ascenso en detrimento del G2 en descenso; principalmente desde los meses de invierno hasta los meses de verano (Fig. 27b).

Fig. 27. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos para el **substrato duro** de **Playa Bagliardi**. G1 (Fragmentador/Desmenuzador/Triturador/Herbívoro/Detrítivo), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 110. ★ Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).



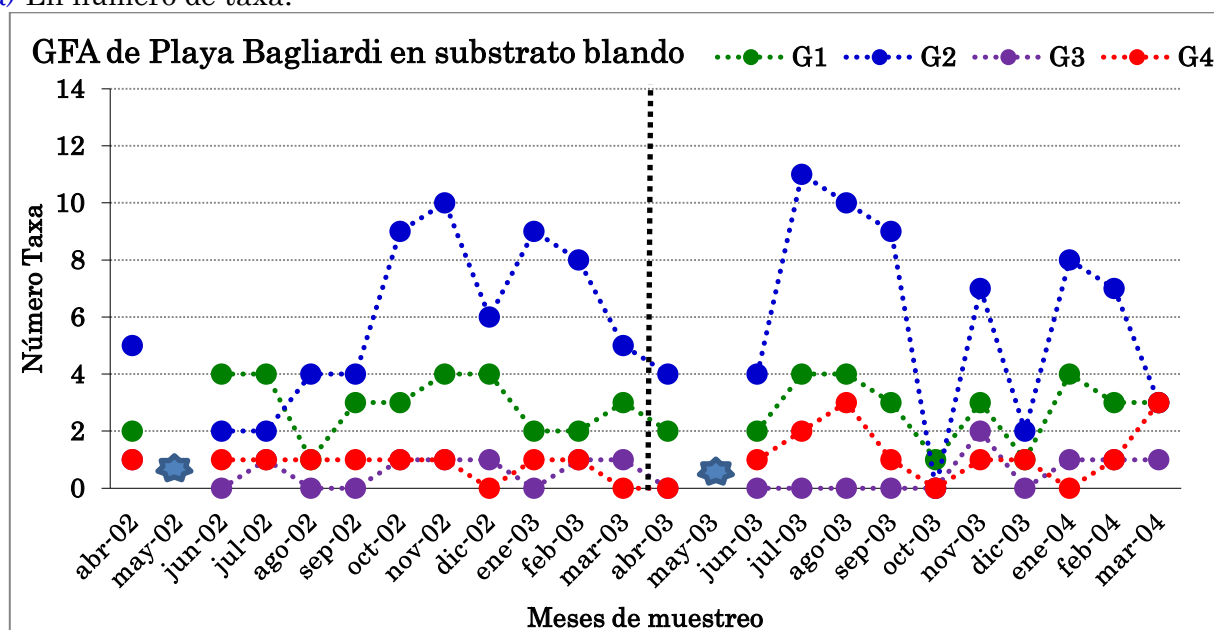
Substrato blando

Sobre una **riqueza (S)** en $\bar{X} = 10 \pm 4,14$ taxa registrados por mes en el **substrato blando** de **Playa Bagliardi**, el análisis de la distribución de los diferentes **grupos funcionales alimentarios** mostró, en líneas generales, que el G2 (recolectores y filtradores) fue el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómicos, con un $\bar{X} = 6,36 \pm 1,14$ taxa. En segundo lugar el G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros), con un $\bar{X} = 2,82 \pm 1,05$ taxa. En tercer lugar se ubicó el G4 (depredadores), con un $\bar{X} = 1 \pm 0,82$ taxa; mientras que el menos representado fue el G3 (raspadores y ramoneadores) con un $\bar{X} = 0,55 \pm 0,6$ taxa (Fig. 28a).

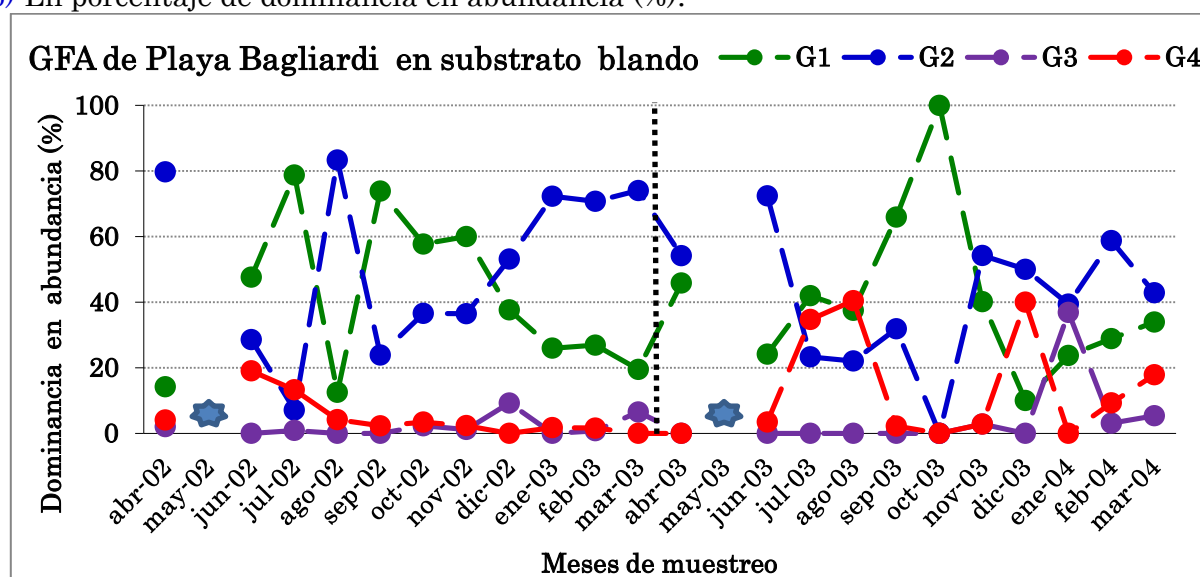
En cuanto a los **GFA** representados en función de la **dominancia** en la **abundancia de individuos**, el G2 fue el predominante con un $\bar{X} = 46,13 \pm 23,53$ %. El G1 alcanzó un $\bar{X} = 41,21 \pm 23,4$ %. Muy por debajo de este valor se ubicaron el G4 y G3 un $\bar{X} = 9,21$ % y $3,23$ %; respectivamente. Se observan oscilaciones más irregulares en cada GFA, particulamente en el 2. año de muestreo, comparadas con los GFA del substrato duro (Fig. 28b).

Fig. 28. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos para el **substrato blando** de **Playa Bagliardi**. G1 (Fragmentador/Desmenuzador/Triturador/Herbívoro/Detritívoro), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 110. ★ Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).




6.3 GFA EN RÍO PARANÁ INFERIOR, MEDIO Y ALTO

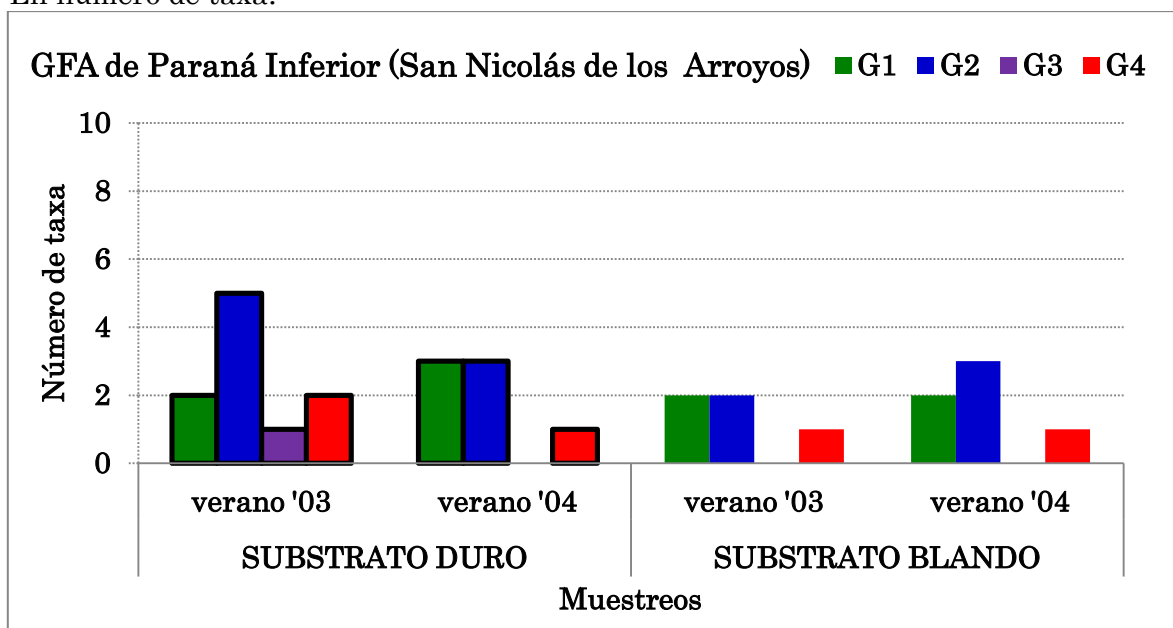
Substrato duro y blando

El análisis de la distribución de los diferentes **grupos funcionales alimentarios** en **San Nicolás de los Arroyos**, mostró que en el **sustrato blando** como en el **sustrato duro** el G2 (recolectores y filtradores) fue el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómicos, siendo levemente superior en este último sustrato. En segundo lugar se ubicó el G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros), para ambos sustratos y muestreos de verano '03 y '04. En tercer lugar se registró el G4 (depredadores); y por último el G3 (raspadores y ramoneadores), que sólo se encontró en el sustrato duro del verano '03 (Fig. 29a).

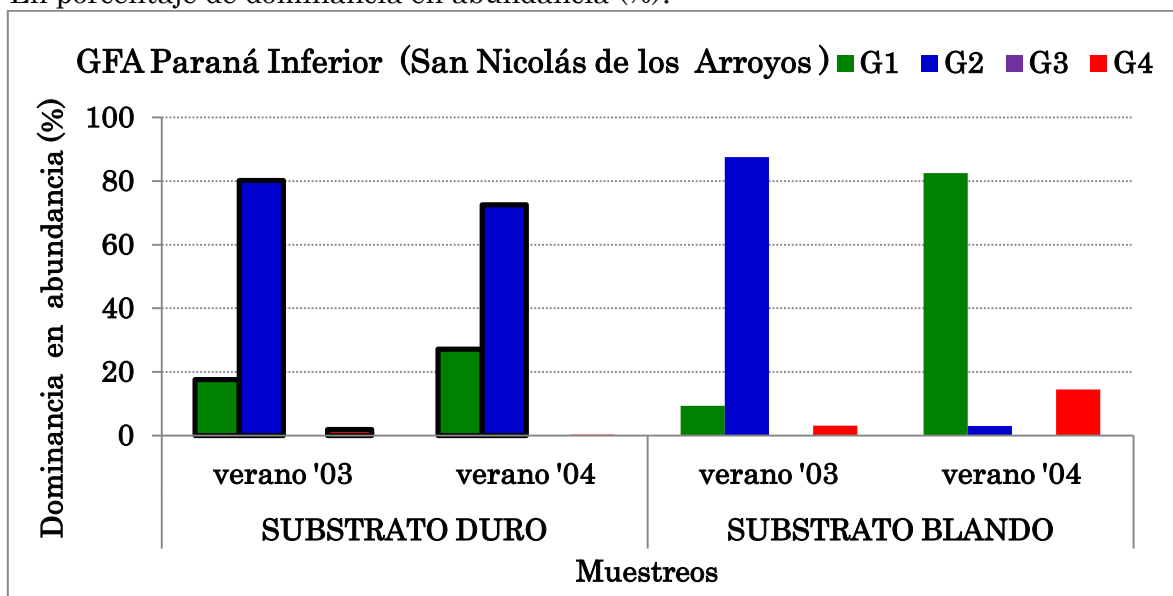
En cuanto a los **GFA** representados en función de la **dominancia en abundancia de individuos**, el G2 fue ampliamente el dominante, con $> 72\%$ en ambos sustratos; a excepción en el sustrato blando del verano '04, donde el GFA dominante en abundancia fue el G1 con $82,5\%$. Los otros dos GFA (G3 y G4) presentaron porcentajes muy bajos en ambos sustratos, y en ambos muestreos de verano '03 y '04. El G3 no superó el $0,25\%$ de dominancia, mientras que el G4 alcanzó su más alto valor en el sustrato blando en el verano '04 con $14,5\%$ (Fig. 29b).

Fig. 29. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos para el **substrato duro** y **blando** de **San Nicolás de los Arroyos** (Paraná Inferior). G1 (Fragmentador/Desmenuzador/Triturador/Herbívoro/Detrítivo), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 20.  Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).



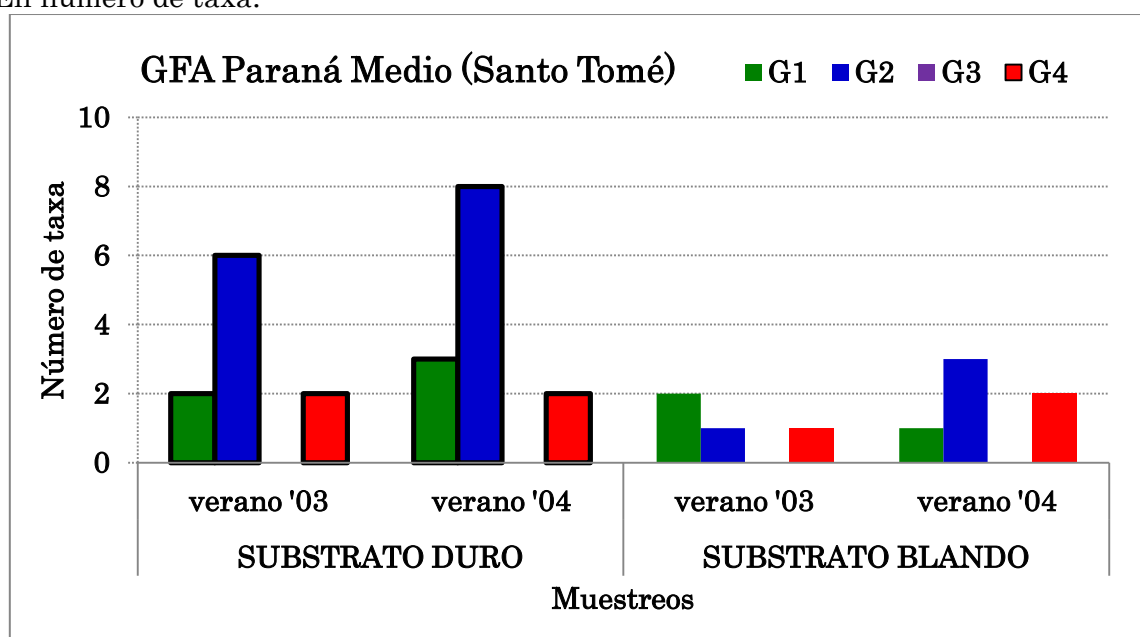
El análisis de la distribución de los diferentes **grupos funcionales alimentarios** en **Santo Tomé** mostró que el G2 (recolectores y filtradores) fue el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómicos sobre el substrato duro, en ambos muestreos de verano. En segundo lugar, se ubicó el G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros). En tercer y último lugar,

se ubicó el G4 (depredadores). En el sustrato blando, los tres grupos mencionados estuvieron representados con un bajo número de taxa (Fig. 30a).

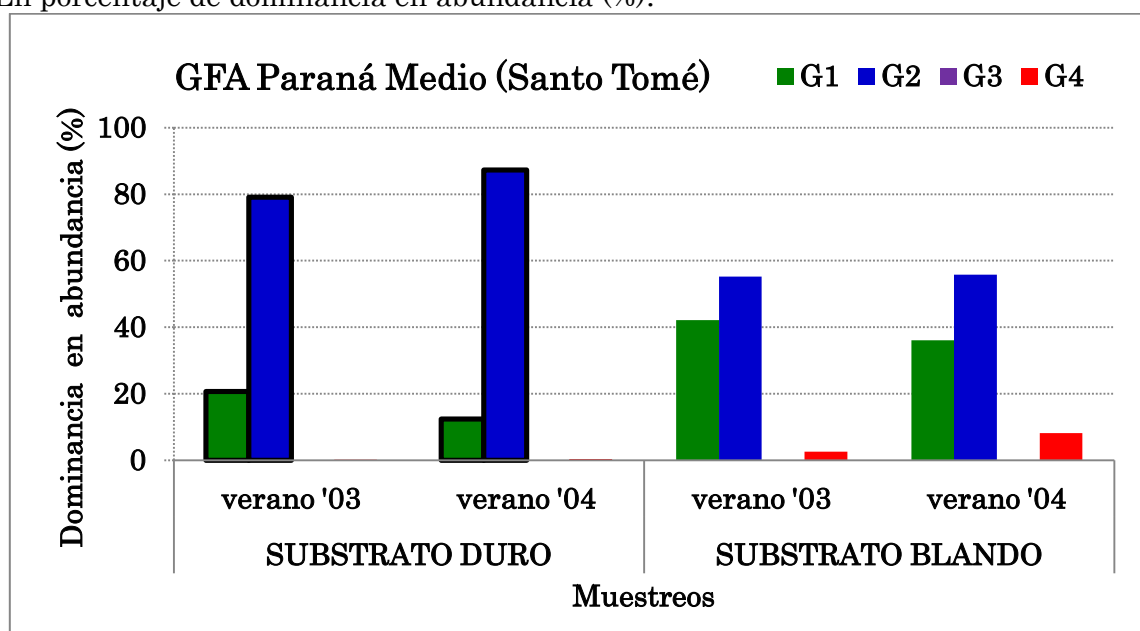
En cuanto a los **GFA** representados en función de la **dominancia** en **abundancia de individuos**, el G2 fue el dominante con > 55 % en ambos sustratos y en ambos muestreos de verano '03 y '04, particularmente en el sustrato duro. El G1 se ubicó en el segundo lugar con un porcentaje de dominancia entre 12 % y 20 % para sustrato duro y entre 36 % y 42 % para sustrato blando. El G4 registró valores por debajo del 3 %, alcanzando un 10 % en dominancia en el sustrato blando en el verano '04 (Fig. 30b). No se encontró el G3 (raspadores y ramoneador) en este sitio de muestreo.

Fig. 30. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos para el sustrato duro y blando de Santo Tomé (Paraná Medio). G1 (Fragmentador/Desmenuzador/Triturador/Herbívoro/Detrívoro), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 16. * Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).

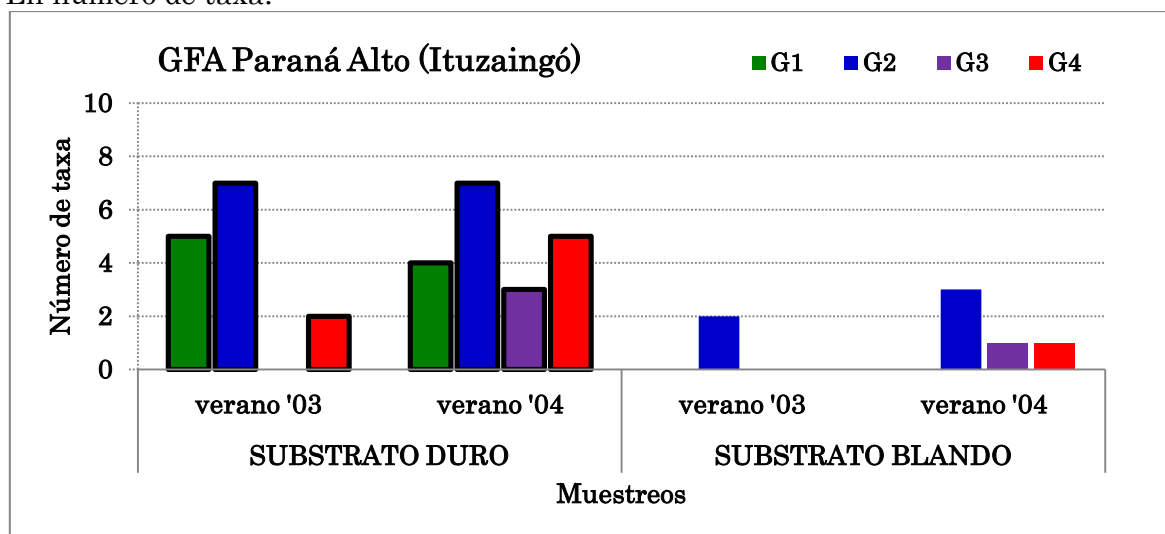


El análisis de la distribución de los diferentes **grupos funcionales alimentarios en Ituzaingó**, mostró que el G2 (recolectores y filtradores) fue el grupo con mayor cantidad de representantes taxonómicos en ambos muestreos de verano y en ambos substratos, siendo el substrato duro el substrato con más representantes. Los demás GFA (G1, G3 y G4) variaron en el número de taxa en un substrato u otro y de un verano muestreado al siguiente, sin haber un grupo dominante entre éstos tres (Fig. 31a).

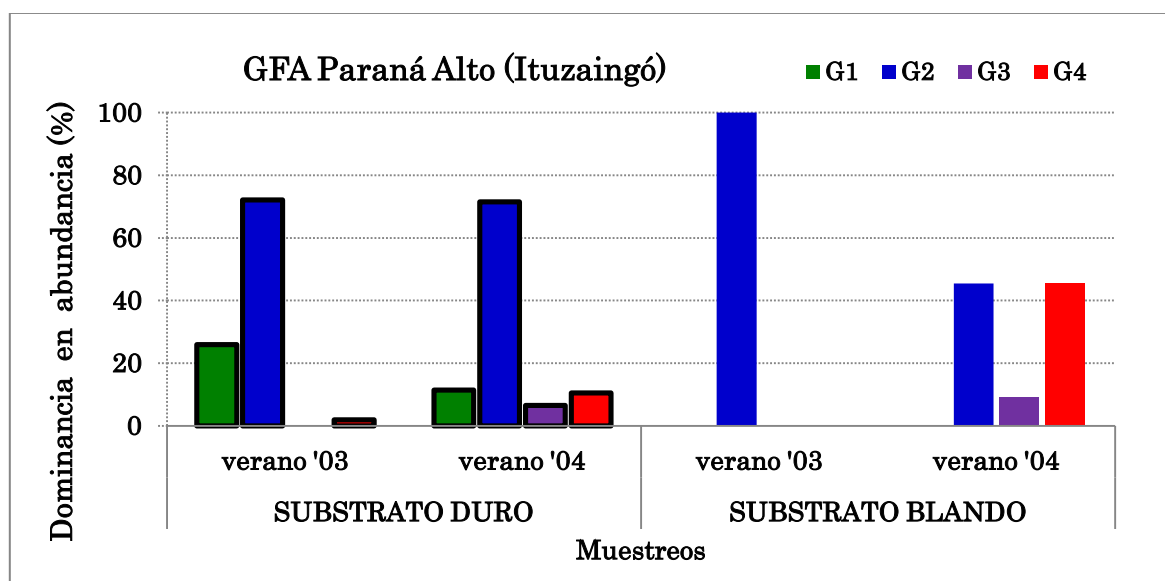
En cuanto a los **GFA** representados en función de la **dominancia en abundancia de individuos**, el G2 fue el destacado en el substrato duro con $> 70\%$ y en substrato blando con $> 45\%$. El G1 (fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros) se encontró sólo en el substrato duro con $< 25\%$ de dominancia en abundancia. El G4 (depredadores) tuvo una dominancia similar al G2 con $> 45\%$ en substrato blando, mientras que el G3 (raspadores y ramoneadores) ocupó el último lugar en ambos substratos y en ambos muestreos de verano con valores $< 9\%$ (Fig. 31b).

Fig. 31. Grupos Funcionales Alimentarios (GFA) de invertebrados bentónicos en **substrato duro** y **blando** de **Ituzaingó** (Alto Paraná). G1 (Fragmentador/Desmenuzador/Triturador/Herbívoro/Detrítivo), G2 (Recolector/Filtrador), G3 (Raspador/Ramoneador) y G4 (Predador); n = 20. * Sin datos.

a) En número de taxa.



b) En porcentaje de dominancia en abundancia (%).



DISCUSIÓN

Y

CONCLUSIÓN

Capítulo 7 Las consideraciones finales

“La realidad de hoy puede no ser cierta mañana...”

DISCUSIÓN

7.1 VARIABLES AMBIENTALES

Río de la Plata

Los valores promedios mensuales de **pH** obtenidos en este trabajo fueron **los esperables para el Río de la Plata**, salvo un valor muy bajo, único y extraordinario obtenido en el mes de junio de 2003. Los valores de pH registrados son similares a los hallados por [Gómez *et al.* \(2009\)](#) y [Gómez & Cocheró \(2013\)](#) en muestreos estacionales realizados entre el 2005 y el 2008 para Punta Indio ($\bar{X} = 8,1 \pm 0,6$) y para Playa Bagliardi ($\bar{X} = 7,8 \pm 0,2$), y con los descriptos por [Armendáriz *et al.* \(2011\)](#) en muestreos estacionales entre el 2005 y el 2006 para Punta Indio (mín. = 7,4 y máx. = 8,2) y para Playa Bagliardi (mín. = 7,5 y máx. = 8). El pH es una variable físicoquímica que no fue indicadora de importantes cambios ambientales en estos dos sitios relevados.

La **temperatura** del agua en Punta Indio y Playa Bagliardi presentó un patrón que se correspondió a valores predecibles para el clima templado oceánico, similar a los valores encontrados por [Armendáriz *et al.* \(2011\)](#) para Punta Indio (mín. = 11,2 °C, y máx. = 27 °C) y para Playa Bagliardi (mín. = 13,2 °C, y máx. = 33,6 °C). Esta variable presentó **patrones estacionales bien marcados** debido al **ciclo térmico atmosférico**, característico del clima de la región. El Río de la Plata presenta una estación cálida de diciembre a marzo y una estación fría de mayo a agosto, con una diferencia media de temperatura entre ambas estaciones de unos 10 °C. Dentro de cada periodo, las aguas son casi verticalmente y horizontalmente isotérmicas ([Guerrero *et al.*, 1997](#)).

Los valores mensuales de **conductividad** obtenidos fueron **los esperables para el Río de la Plata**. Estos datos son similares a los hallados por [Gómez *et al.* \(2009\)](#), para Punta Indio ($\bar{X} = 2115,5 \pm 1789,29 \mu\text{S/cm}$) y Playa Bagliardi ($\bar{X} = 634,25 \pm 230,29 \mu\text{S/cm}$) y a los encontrados por [Armendáriz *et al.* \(2011\)](#) para Punta Indio

(mín. = 802 $\mu\text{S/cm}$, y máx. = 4280 $\mu\text{S/cm}$) y para Playa Bagliardi (mín. = 290 $\mu\text{S/cm}$, y máx. = 907 $\mu\text{S/cm}$). Los valores de conductividad **en Punta Indio** están **asociados al frente de turbidez** presente aguas abajo ó en el límite del agua dulce con la parte estuarina del Río de la Plata (Framiñan & Brown, 1996); mientras que los valores en **Playa Bagliardi** probablemente estén más **relacionados** a la presencia de **iones de fosfato, cloruro y nitrato de aguas residuales**, provenientes de efluentes ubicadas aguas arriba de la ciudad de La Plata (Gómez *et al.*, 2009). Esto explicaría las diferencias significativas encontradas entre estos dos sitios en los valores de conductividad.

La elevada masa de **sólidos disueltos** encontrada en los sitios de muestreo es característica del acarreo del Río de la Plata, y se manifiesta **en la escasa transparencia del agua**. Por un lado, la mayor parte del sedimento que llega al Río de la Plata es transportada por el río Paraná. La concentración del sedimento en suspensión del río Paraná varía entre 150 a 300 mg/L, mientras que la carga suspendida del río Uruguay varía entre 25 a 70 mg/L (Piedra-Cueva & Fossati, 2007). El río Paraná y el río Uruguay drenan al Río de la Plata un caudal que varía de 15.000 m³/s durante la estación seca, a 26.000 m³/s durante la estación húmeda. La fase de aguas bajas se produce entre agosto y septiembre, mientras que la fase de agua altas se produce entre marzo y abril (Marchese *et al.* 2002). Por otro lado, ya más cerca **del área de mayor estratificación** de la salinidad del **Río de la Plata**, se desarrolla el **frente de alta turbidez**, debido a la floculación de la materia suspendida en la punta de la cuña salina y la resuspensión de sedimentos por agitación de la marea (Boschi, 1988; Framiñan & Brown, 1996). La posición del frente de turbidez muestra una marcada estacionalidad. Durante el verano se encuentra en su posición más al noroeste, debido a una baja descarga de agua dulce y los vientos predominantes del noreste. Durante el invierno y el otoño, el frente de turbidez se extiende hacia el mar (Sepúlveda *et al.*, 2004).

Los valores mensuales de **oxígeno disuelto** y **porcentaje de oxígeno** obtenidos en este trabajo de Tesis fueron **los esperados para el Río de la Plata**. Estos valores son similares a los hallados por Gómez *et al.* (2009) y Gómez & Cochero (2013) para Punta Indio ($\bar{X} = 8,4 \pm 1$ mg/L) y Playa Bagliardi ($\bar{X} = 5,7 \pm 1,9$ mg/L), y por Armendáriz *et al.* (2011) para Punta Indio (mín. = 7,8 mg/L y máx. = 10,1 mg/L) y para Playa Bagliardi (mín. = 5,3 mg/L y máx. = 10,4 mg/L). En general, el Río de la

Plata es un ambiente lótico que se lo puede ubicar dentro de la **categoría óxico**; es decir, una concentración de oxígeno entre 4 a 11 mg/L.

Río Paraná

Los valores de **pH, temperatura, conductividad, sólidos disueltos, oxígeno disuelto y porcentaje de oxígeno** obtenidos en los muestreos de verano 2003 y 2004 en el río Paraná fueron los esperables para la estación del año relevada y similares a los hallados por otros autores (*e.g.* [Peso & Bechara, 1999](#); [Villar *et al.*, 2001](#); [Ezcurra de Drago *et al.*, 2007](#); [Zilli *et al.*, 2008](#); [Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2010](#)) en los respectivos **tramos estudiados**.

En el **río Paraná Inferior**, [Villar *et al.* \(2001\)](#) describen para el Puerto Constanza –localidad en la planicie de inundación del río Paraná Guazú– en la primavera y verano del '93/'94; un pH del agua entre 5,5 y 6,8; una temperatura máxima de 23 °C, una conductividad de 110 a 282 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y una saturación de oxígeno de 0,4 a 3 mg/L. En la zona del Delta del Paraná (Río Luján y Canal del Este) [Sardiña *et al.* \(2011\)](#) mencionan para diciembre de 2008 (primavera) una temperatura de 27,9 °C, una conductividad de 261 $\mu\text{S}/\text{cm}$; y un oxígeno disuelto entre 7,23 mg y 7,3 mg/L.

En el **río Paraná Medio**, [Zilli *et al.* \(2008\)](#) registraron en el sitio la Vuelta de Yrigoyen, cercano a la ciudad de Santa Fe (prov. de Santa Fe) y al relevado para esta Tesis, que durante las aguas bajas entre el 2001 y 2005, el pH llegó a 7 y 7,6, la temperatura de verano a 23,5 °C, la conductividad entre 100 y 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y un oxígeno disuelto entre 7,4 y 8,9 mg/L. Para diferentes cauces secundarios que desembocan en río Paraná Medio, próximo a la ciudad de Santa Fe, [Marchese & Ezcurra de Drago \(1992\)](#) menciona un temperatura anual del agua en $\bar{X} = 21.6 \pm 4.5^\circ\text{C}$, la conductividad $\bar{X} = 178 \pm 54,27 \mu\text{S}/\text{cm}$, y un oxígeno disuelto en $\bar{X} = 7,2 \pm 2,08 \text{ mg/L}$. Para el cauce principal del Paraná [Ezcurra de Drago *et al.* \(2007\)](#) describen un pH entre 7 y 7,4; una temperatura máxima de 28 °C, una conductividad entre 65 y 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y un oxígeno disuelto entre 6,5 y 9 mg/L.

En el **río Alto Paraná**, [Peso & Bechara \(1999\)](#) registraron para el Puerto Nemesio Parma y Puerto Valle –dos zonas fluvio lacustre y de embalses respectivamente, cercanos a la represa de Yacyretá y a la localidad de Ituzaingó– un pH en $\bar{X} = 6,96$ a 7,9; temperaturas máximas de verano = 26,5 a 31,4 °C, una

conductividad $\bar{X} = 45$ a $51 \mu\text{S/cm}$, y un oxígeno disuelto $\bar{X} = 7,05$ a $7,9 \text{ mg/L}$. Mientras que [Meichtry de Zaburlín et al. \(2010\)](#) registraron con muestreos mensuales entre febrero 1996 y enero 1998, en cuerpos de agua fluvial y de subembalses en el Alto Paraná, cercanos al sitio de muestreo en Ituzaingó, un pH $\bar{X} = 7,12$ a $7,36$, temperaturas máximas de verano entre $27,9$ a $32,2 ^\circ\text{C}$, conductividad $\bar{X} = 20,54$ a $42,42 \mu\text{S/cm}$, total de sólidos disueltos $\bar{X} = 55,7$ a $80,2 \text{ mg/L}$, y un oxígeno disuelto $\bar{X} = 7,34$ a $8,68 \text{ mg/L}$; siendo la concentración de oxígeno disuelto más alta durante el período de aguas bajas ([Orfeo & Stevaux, 2002](#); [Agostinho et al. 2009](#)). Más arriba en el Alto Paraná (Brasil), [Pinha et al. \(2013\)](#) registraron en enero de 2012 una emperartura = $28 ^\circ\text{C}$, un pH = $6,09$; una conductividad = $59,6 \mu\text{S/cm}$, y un oxígeno disuelto = $5,34 \text{ mg/L}$. Todas estas variables físicas y químicas del agua con valores similares a las obtenidas en este trabajo de Tesis y principalmente a los registros históricos para el Alto Paraná.

El análisis estadístico no paramétrico realizado permitió observar que, al menos en el periodo muestreado de verano (febrero de '03 y '04), no existieron diferencias significativas en las variables físicas y químicas del agua entre los tres sitios del río Paraná.

Cabe señalar además, que la causa de la imposibilidad de la toma de muestras durante el mes de mayo de ambos años relevados para el Río de la Plata fue debido al fenómeno de la Sudestada, descripta claramente en la Introducción; y que todos los muestreos realizados para este trabajo de Tesis coincidieron con el **fenómeno meteorológico y climático** conocido como **El Niño-Oscilación del Sur**, en el periodo desde junio de 2002 a marzo de 2003 con **impacto débil a moderado** (Nota: Según [Camilloni & Barros \(2000\)](#), El Niño es una fase cálida que se origina en el océano Pacífico y consiste en cambios en los patrones y movimiento de los vientos y corrientes marinas intertropicales, provocando una superposición de aguas cálidas al norte del ecuador sobre las aguas de emersión muy frías de la corriente de Humboldt. Este fenómeno genera, entre otras cosas a nivel mundial, periodos muy húmedos e intensas lluvias en América del Sur, y en consecuencia crecidas inusuales de los ríos de la Cuenca del Plata. En contraposición a El Niño existe La Niña o fase fría, pero menos frecuente. Estos dos ciclos tienen un período de duración de 2 a 7 años con etapas de transición).

7.2 VARIABLES BIOLÓGICAS

Antes de la invasión de *Limnoperna fortunei* en 1991; los estudios de la fauna bentónica sobre substrato duro en el Río de la Plata eran muy escasos, al igual que en el río Paraná. Este déficit de trabajos hizo difícil una comparación de la dinámica de invertebrados bentónicos sobre substrato duro con la que existía antes de la introducción del mejillón dorado. Para la costa rioplatense, las investigaciones se referían sólo a grupos taxonómicos específicos como por ejemplo la diversidad de Hirudinea (Gullo, 1995), la fauna de Isopoda (Darrigran & Rioja, 1988) o la distribución de Mollusca (Darrigran, 1999). Después de la invasión del *L. fortunei* pocos estudios sobre las comunidades bentónicas de substrato duro se realizaron en el Río de la Plata, *e.g.* los trabajos de Darrigran *et al.* (1998) y Spaccesi & Rodrigues Capítulo (2012); y Sardiña *et al.* (2011) en el río Paraná. Para los ensambles bentónicos de substrato blando la información ecológica es más numerosa pero igualmente fragmentada, debido a que las investigaciones se han hecho para determinados sitios y estaciones del año, como por ejemplo los trabajos de Rodrigues Capítulo *et al.* (2003), Giberto *et al.* (2004), Gilberto *et al.* (2007), Cortelezzi *et al.* (2007) y Ocón *et al.* (2008) en el Río de la Plata, y Bonetto *et al.* (1985/86), Peso & Bechara (1999), Pavé & Marchese (2005), Ezcurra de Drago *et al.* (2007), Zilli *et al.* (2008) en el río Paraná, principalmente en su tramo inferior y medio.

A pesar de lo fragmentario de la información mencionada arriba, fue posible complementar los resultados alcanzados en estos trabajos científicos, más los propios y generar nuevas pautas y enfoques de interpretación de los patrones dinámicos que inciden sobre los ensambles bentónicos de los distintos substratos; los cuales he intentado ordenar en las secciones siguientes.

Por otro lado, el hecho de que en este trabajo de Tesis algunos grupos dominantes en los sistemas estudiados, como por ejemplo el caso de Nematoda, Oligochaeta y Chironomidae, no hayan sido determinados a nivel de especie o género se pudo haber subestimado la riqueza, la diversidad y su función en los ambientes; por lo que en estudios futuros sería interesante poder avanzar en el reconocimiento de estos taxa, lo que seguramente permitiría ampliar los resultados obtenidos.

7.2.1 Frecuencia, Densidad y Dominancia

Río de la Plata: substrato duro y blando

Como fue demostrado con los análisis estadísticos realizados, las comunidades de invertebrados bentónicos en Punta Indio y Playa Bagliardi presentaron **mayor abundancia** de individuos en el **substrato duro** que en el **substrato blando**.

En el **substrato duro**, el Bivalvia *L. fortunei* fue la especie **dominante** en términos de densidad en ambos sitios. Este Mytilidae introducido es el principal componente de la fauna de la costa rocosa de agua dulce del Río de la Plata, **debido a sus características invasoras**; *i.e.* una alta fecundidad, un rápido crecimiento, un amplio rango de adaptación a condiciones ambientales desfavorables, una fuerte capacidad de dispersión y una ocupación efectiva de nichos vacantes (Boltovskoy *et al.*, 2006). Junto con los Bivalvia, los **Nematoda** fueron el **otro grupo** más **frecuente** y abundante en el conjunto de componentes bentónicos de ambos sitios del Río de la Plata. Probablemente esto se debió a que los Nematoda son altamente resistentes a la desecación, a bajas concentraciones de oxígeno disuelto y a un amplio rango de temperatura (Adão *et al.*, 2009). Además del Bivalvia *L. fortunei* y los Nematoda, la ocurrencia y repetición constante de otros taxa –Oligochaeta, Polychaeta, Harpacticoidea, Cirripedia y Tanaidacea en Punta Indio; e Hirudinea y Tanaidacea en Playa Bagliardi– completaron la lista de taxa presentes en la comunidad bentónica en este tipo de substrato, en ambos sitios. Mientras que taxa muy poco frecuentes, ocasionales o raros –Rotifera, Gastropoda *Heleobia australis*, Amphipoda *Hyallela pampeana*, Cumacea, y Diptera Dolichopodidae en Punta Indio; y Cnidaria, Platyhelminthes, Cladocera, Ostracoda y Amphipoda *Corophium rioplatense* en Playa Bagliardi– exhibieron una menor importancia relativa en el substrato duro.

En **Punta Indio** no existían aún registros que documentaran aspectos **relevantes** de la comunidad de invertebrados bentónicos sobre **substrato duro**. En este sitio, los **Oligochaeta**, **Harpacticoidea** y **Tanaidacea** mostraron **altas densidades**, pero muy por debajo de observada en el caso de Bivalvia y Nematoda.

En un trabajo llevado a cabo por Darrigran *et al.* (1998) sobre invertebrados bentónicos de **substrato duro** de **Playa Bagliardi** –con muestreos mensuales discontinuos desde julio de 1992 a marzo de 1995– no se consideraron a los

Nematoda en el análisis de densidad de la comunidad bentónica. Contrariamente, en este trabajo de Tesis, los Nematoda fueron un grupo muy relevante en cuanto a la densidad y frecuencia de ocurrencia. Por otro lado, y antes de la introducción de *L. fortunei*, [Gullo & Darrigran \(1991\)](#) registraron dos especies de Hirudinea y tres especies de Oligochaeta en Playa Bagliardi. Luego, en [Darrigran et al. \(1998\)](#), estos dos grupos de Annelida pasaron a ser taxa principales dentro de la fauna asociada al mejillón dorado. Según estos autores, ocho especies de Hirudinea –con dominancia del género *Helobdella*– y ocho especies de Oligochaeta –entre ellos Tubificinae y Naidinae– fueron los principales grupos encontrados en el bentos del substrato duro. En el presente trabajo de Tesis los **Oligochaeta** fueron también uno de los taxa **constantes y dominantes más importantes** de la comunidad bentónica en Playa Bagliardi, **después de los Bivalvia y Nematoda**; pero los Hirudinea contribuyeron muy pocos en términos de densidad.

Después de la invasión del Mytilidae *L. fortunei* en Playa Bagliardi, las **especies autóctonas** de Gastropoda, *e.g.* *Chilina fluminea* (Maton 1809), *Biomphalaria straminea* (Dunker 1848), y *Uncancylus concentricus* (d'Orbigny 1835) presentaban una frecuencia de ocurrencia rara y un predominio en la abundancia muy bajo ([Martín & Darrigran, 1994](#); [Darrigran et al., 1998](#)). En los muestreos realizados en esta Tesis, *U. concentricus* presentó patrones similares de ocurrencia y baja abundancia, mientras que *Ch. fluminea* y *B. straminea* no fueron registrados. Por lo tanto, **podrían haber sido desplazadas de la comunidad del substrato duro** en este sitio. Probablemente estas especies de Gastropoda sean sensibles a los cambios ambientales, ya que requieren una alta concentración de oxígeno disuelto ([Rodrigues Capítulo et al., 2001](#)). [Darrigran et al. \(1998\)](#) también describe al Gastropoda *Heleobia piscium* con una frecuencia de ocurrencia constante y alta dominancia para el substrato duro. Con este trabajo de Tesis se pudo observar, que en años posteriores, esta especie pasó a ser un taxa común, aunque con poco predominio en término de densidad (**Nota:** el análisis del porcentaje de dominancia de las especies de Gastropoda mencionadas en [Darrigran et al. \(1998\)](#) están realizadas dentro del nivel taxonómico “Clase”; estos valores de ocurrencia y abundancia comparados, posiblemente sean distintos a un nivel de análisis de comunidades de invertebrados).

Otros grupos taxonómicos asociados al **substrato duro** de Playa Bagliardi fueron los Rotifera, Tardigrada, Hydrachnidia, Gastropoda *Potamolithus* sp., Cladocera, Ostracoda, Harpaticoidea, Calanoidea, Cyclopoidea, Collembola, Ephemeroptera, Diptera Ceratopogonidae y Dolichopodidae. Estos taxa **no habían sido informados de su ocurrencia anteriormente y por ende de su participación en la estructura comunitaria**. Las diferencias entre los hallazgos de nuevos grupos asociados al substrato duro y los resultados de anteriores investigaciones, como en [Darrigran et al. \(1998\)](#), pueden ser explicadas por a) los tamices de malla fina (60 a 250 µm de apertura) utilizados en este trabajo de Tesis, que facilitaron detectar componentes del meiobentos; y b) los muestreos mensuales regulares realizados durante dos años, que permitieron encontrar grupos faunísticos de rara ocurrencia y de baja abundancia.

Las agregaciones de *L. fortunei* juegan un rol central en el ecosistema costero rioplatense, ya que **brindan un nuevo substrato biológico para el asentamiento de otros invertebrados, lo que aumentan el número los individuos, cambian significativamente la composición de taxa** ([Spaccesi & Rodrigues Capítulo, 2012](#)), y en consecuencia **proveen de un gran aporte de biomasa total a la comunidad** ([Sylvester et al., 2007b](#); [Sardiña et al., 2008](#)). Esto también fue documentado para *Dreissena polymorpha* o mejillón cebra, un bivalvo dulceacuícola y salobre, invasor en América del Norte y Europa Occidental, originario del mar Caspio, Aral y Negro, en Europa Oriental ([Silver Botts et al., 1996](#); [Haynes, 1997](#); [Bially & MacIsaac, 2000](#); [Karatayev et al., 2007](#)). Ambas especies tienen características ecológicas equivalentes y comparables. Si bien la mayoría de estos estudios del mejillón cebra se realizaron en sistemas lénticos, unos pocos se llevaron a cabo en ambientes lóticos con resultados similares ([Ricciardi et al., 1997](#)). Los aumentos en la abundancia de organismos bentónicos asociados a *D. polymorpha* observados fueron desde un 38 % a > 90 %; con participación de los taxa Hydrozoa, Turbellaria, Hirudinea, Tubificidae, Anhipoda, Decapoda y Chironomidae ([Stewart & Haynes 1994](#); [Horvath et al., 1999](#); [Karatayev et al., 2007](#)). Este incremento se ha atribuido a la disponibilidad del alimento proporcionado por las heces y pseudoheces del Bivalvia, y al aumento de recursos del hábitat y refugio contra depredadores ([Silver Botts et al., 1996](#); [Kuhns & Berg, 1999](#)). Debe tenerse en cuenta que también hay algunos informes que señalan el efecto contrario; *i.e.* la presencia de *D. polymorpha*

tiene un impacto negativo sobre los invertebrados asociados, ya que redujo y hasta eliminó especies de Gastropoda Pleuroceridae, Trichoptera Polycentropodidae y Hydropsychidae (Nalepa, 1994; Ricciardi *et al.*, 1997; Lozano *et al.*, 2001; Strayer, 2009). En Europa del Este, organismos filtradores nativos fueron excluidos por *D. polymorpha* y/o causó una disminución dramática en la densidad de Bivalvia Unionidae (Karatayev *et al.*, 1997).

La comunidad bentónica de substrato duro en Playa Bagliardi presentó mayor abundancia de invertebrados que en Punta Indio, así lo demostró el análisis estadístico realizado.

Según Tsuchiya & Bellan-Santini (1989) y Tsuchiya & Retière (1992) la ocurrencia y abundancia de invertebrados bentónicos en el substrato duro está en relación a la talla y abundancia de mejillones a los que se asocian. En el substrato duro de Punta Indio la abundancia de reclutas (individuos < 1 mm) de *L. fortunei* es en $\bar{X} = 13.200 \pm 22.100$ ind./m²; y la abundancia de juveniles y adultos (individuos > 1 mm) es en $\bar{X} = 16.700 \pm 2.750$ ind./m². El tamaño medio de estos ejemplares es entre 15,6 y 19,5 mm. En el substrato duro de Playa Bagliardi se encuentran ejemplares de *L. fortunei* de todas las clases de edades y en todos los meses del año. La abundancia de reclutas (individuos < 1 mm) es en $\bar{X} = 185.000 \pm 195.000$ ind./m² (Spaccesi, 2013; ver Fig. 32 del Apéndice); y la abundancia de juveniles y adultos (individuos > 1 mm) ha tenido notables variaciones desde su primer asentamiento en 1991 hasta los muestreos llevados a cabo en este trabajo de Tesis. La población aumentó de 4 a 5 ind./m² en 1991 a más de 150.000 ind./m² en 1995; luego disminuyó a 40.000 ind./m² en 2001 (Darrigran *et al.*, 2003), y se mantuvo alrededor de este valor en el 2002–2004 con un $\bar{X} = 37.414 \pm 11.160$ ind./m². El tamaño medio de los individuos juveniles y adultos (> 1 mm) es de 8,2 a 12,7 mm (Spaccesi, 2013; ver Fig. 33 del Apéndice). De acuerdo con Darrigran *et al.* (2003) y los resultados del presente trabajo de Tesis, la densidad del mejillón dorado probablemente se ha estabilizado después del proceso de invasión y colonización. Comparando los dos sitios relevados en el Río de la Plata, la población de *L. fortunei* de Punta Indio presenta menos abundancia de ind./m² y sus tallas son más grandes que los ejemplares de Playa Bagliardi (Spaccesi, 2013).

El mejillón dorado cubre varios lugares del substrato rocoso con su potencial biótico, persistiendo pese a una serie de factores reguladores y desestabilizantes

(**disturbios**) que se suceden con una determinada frecuencia e intensidad. Por ejemplo, en Punta Indio las olas en marea alta son generalmente más intensas que las de Playa Bagliardi, debido a la batimetría del **Río de la Plata** y a la proximidad a la zona externa estuarina. Según [McQuaid & Lindsay \(2000\)](#), el sustrato duro de costas que están más **expuestas al oleaje** (disturbio) suelen poseer mejillones de mayor tamaño que las costas más protegidas, como podría ser el caso de Punta Indio. Por otro lado, el régimen de mareas del Río de la Plata genera un **tiempo de exposición al aire** (disturbio) en los mejillones que rigen las diferencias en las densidades y tamaños de los mismos ([Spaccesi, 2013](#)). Según [Montalto & Ezcurra de Drago \(2003\)](#), el mejillón dorado es muy tolerante a la exposición al aire, debido a que individuos de 15 a 27 mm resisten la desecación durante un tiempo más largo (108 h) que los más pequeños de hasta 6 mm de longitud (72 h). La **desecación** (disturbio) condiciona una serie de respuestas adaptativas vinculadas a la temperatura y retención de líquidos. De acuerdo con [Darrigran et al. \(2004\)](#), la supervivencia de *L. fortunei* después de la exposición al aire, aumenta con un aumento en la humedad relativa, condicionada a su vez por otros factores como la heterogeneidad del sustrato, la exposición al viento y la insolación en la exposición subaérea. El sustrato duro en el Río de la Plata es escaso y se agrupa en arreglos discretos y dispares a lo largo de la costa. En Playa Bagliardi las rocas están más apiladas y son más estables que en Punta Indio, donde el sustrato duro está más disperso y posee una pendiente más suave. La bajamar media (MLW) en Punta Indio es un poco más baja (0,48 m) que en Playa Bagliardi (0,52 m). Estas consideraciones ambientales mencionadas, y siguiendo los postulados del trabajo experimental de [Montalto & Ezcurra de Drago \(2003\)](#) con el tiempo de desecación del mejillón dorado, se sugiere la **hipótesis** que **en Punta Indio el mejillón dorado pasa, en promedio, menos tiempo expuesto al aire que en Playa Bagliardi**, en función de la disponibilidad, disposición y ubicación del sustrato ([Spaccesi, 2013](#)). La baja abundancia de juveniles y adultos (> 1 mm) de *L. fortunei* en Punta Indio proporciona un refugio más pobre para el reclutamiento de individuos de esta especie y retarda la desecación con menos eficiencia. Aquellos mejillones < 1 mm que fueron capaces de soportar ese umbral de estrés a la exposición al aire, son los que forman parte de los supervivientes juveniles y adultos registrados; mientras que la alta densidad de individuos de pequeño tamaño sobre el sustrato duro de

Playa Bagliardi facilitarían la retención de la humedad y proporcionaría un refugio para no sólo un alto nivel de reclutas supervivientes del mejillón dorado, sino también para todo un grupo de invertebrados que se asocian a este sustrato (Spaccesi, 2013; ver Figs. 32 y 33 del Apéndice).

El **patrón de abundancia** espacial también **se puede explicar por los procesos regionales de dispersión de las especies**. Según la teoría de las metapoblaciones (Hanski, 1999) los diferentes patrones de dispersión darían como resultado diferencias en la densidad de los individuos a lo largo de la **distribución geográfica**, y en sitios que presentan características ambientales homogéneas. Pocos sitios dentro de la distribución geográfica de un taxa presentan abundancia relativas altas, mientras que la mayoría de los sitios presentan una abundancia reducida (Brown, 1984; Schoener, 1987). Los sitios con mayor abundancia tienden a estar hacia el centro de la distribución geográfica y a presentar un número mayor de inmigrantes, existiendo una disminución hacia los sitios límites de distribución, que suelen estar más aislados. Aquellos sitios donde la abundancia es mayor y se encuentran menos aislados unos de otros, tendrán una mayor probabilidad estadística de subsistencia (Hanski 1982; Lennon *et al.*, 1997). Las características hidrodinámicas del Río de la Plata, la disposición del sustrato duro costero y la dinámica poblacional de *L. fortunei* sugieren la **hipótesis** que el **mejillón dorado** tendría una **estructura metapoblacional**. Cuatro observaciones apoyarían esta suposición: a) hábito vida sésil de los adultos y los estadios larvales planctónicos, b) la alta abundancia de reclutas encontrada en Playa Bagliardi –sitio norte de muestreo en el Río de la Plata donde se detectó por primera vez el asentamiento de *L. fortunei*, y lugar que podría ser el primer centro de dispersión geográfica en América del Sur– y la baja abundancia de reclutas en Punta Indio –sitio sur de muestreo y uno de los límites australes de su distribución–, c) la posible ruta natural de dispersión de larvas de norte a sur –siguiendo el curso normal del Río de la Plata desde el agua dulce en su nacimiento, en el Delta del Paraná, hasta el agua estuarina en su desembocadura– y la posterior colonización de espacios vacantes, y d) la discontinuidad del sustrato duro en el Río de la Plata, siguiendo un esquema de parches en su disposición espacial. A su vez, esta hipótesis sugiere la siguiente pregunta: ¿los invertebrados bentónicos de sustrato duro del Río de la Plata se comportarían como una estructura metacomunitaria?

En el **substrato blando**, en cuanto a la **ocurrencia y repetición de taxa**, fueron importantes los **Nematoda y Ostracoda** para **Punta Indio** y los Nematoda para **Playa Bagliardi**. En ambos casos constituyéndose como miembros estables de la comunidad de invertebrados. Mientras que **taxa muy poco frecuentes, ocasionales o raros** –Gastropoda, Cladocera, Amphipoda y Collembola en Punta Indio, y los Ostracoda en Playa Bagliardi– tuvieron una importancia relativamente despreciable en la comunidad en este tipo de substrato, ya que fueron grupos que en determinados momentos del año no se encontraron.

La comunidad de invertebrados de substrato blando en Punta Indio y Playa Bagliardi no presentó diferencias significativas en cuanto a la abundancia de individuos bentónicos.

En **Punta Indio** no existían aún **registros de atributos comunitarios** de los invertebrados bentónicos sobre substrato blando hasta la fecha. En este sitio los **Ostracoda y Nematoda**, fueron **frecuentes y constantes**, y **dominaron** en términos de densidad, seguido de los Cyclopoida y Tardigrada.

En el **substrato blando** de **Playa Bagliardi**, los **Nematoda**, juveniles de **Bivalvia** (individuos < 1 mm), **Rotifera y Hidrachnidia** fueron los taxa **más abundantes**.

En un estudio hecho por [Giberto et al. \(2004\)](#) sobre invertebrados bentónicos de substrato blando, en aguas abiertas de la zona externa estuarina del Río de la Plata y marina adyacente –con muestreos provenientes de 41 sitios durante la primavera de 1993–; registraron 134 especies, de las cuales 34 fueron de aguas mixohalinas (salinidad < 30 g/L) y las restantes marinas. De esas 34 especies, el Gastropoda *H. australis* fue la única que se registró en el presente trabajo de Tesis. [Giberto et al. \(2004\)](#) describen a los Crustacea como el grupo con mayor riqueza (48 especies), seguido de los Polychaeta (33 especies) y los Mollusca (31 especies). Este último taxa fue el dominante en abundancia con 65,59 %, seguido de los Crustacea con 29,85 %. Posteriormente, en un estudio llevado a cabo por [Cortelezzi et al. \(2007\)](#) sobre invertebrados bentónicos de substrato blando, desde el Delta del Paraná hasta la frontera marítima del Río de la Plata –con muestreos proveniente de 30 sitios durante la primavera de 2001–; se reportó en la zona interna, cercana a la costa, una densidad de invertebrados > 10.000 ind./m². Mientras que en sitios de la zona intermedia y externa, también cercana a la costa, la densidad fue de 1500

ind./m². Si se tiene en cuenta sólo los muestreos de primavera en mi trabajo de Tesis, la abundancia de invertebrados de substrato blando para Punta Indio fue muy superior a lo encontrado por estos autores, al igual que en el substrato blando de Playa Bagliardi, para la misma estación del año. Según [Cortelezzi et al. \(2007\)](#), en la zona interna del Río de la Plata la mayor dominancia en abundancia fue de los Bivalvia juveniles, Harpacticoidea y Nematoda; en la zona intermedia fue de los Nematoda, Oligochaeta Naididae, y Ostracoda, y en la zona externa la de los Nematoda. Según [Rodrigues Capítulo et al. \(1998\)](#) y [Paggi et al. \(2006\)](#), los Nematoda y Oligochaeta son los organismos más abundantes en la franja costera sur del Río de la Plata, sobre todo en áreas con gran cantidad de materia orgánica en sedimento, como las cercanas a la ciudad autónoma de Buenos Aires. En un estudio llevado a cabo por [Ocón et al. \(2008\)](#) sobre invertebrados bentónicos de substrato blando –con muestreos provenientes de 18 sitios a lo largo de 80 km de costa de la zona intermedia Río de la Plata, y en las desembocaduras de varios arroyos tributarios; con relevamientos estacionales entre 1999 y 2003– llegaron a la conclusión, sin registrar abundancias de los taxa, que los Nematoda y Oligochaeta (Naididae y Tubificidae) fueron los grupos dominantes en el complejo bentónico. Muchas veces estos grupos estuvieron asociados a baja concentración de oxígeno disuelto y altos valores de materia orgánica. Según [Armendáriz et al. \(2011\)](#), en un estudio de la taxocenosis de Oligochaeta de la costa de agua dulce bonaerense, existió una relación positiva entre una alta abundancia de Oligochaeta y altas concentraciones de amonio, fosfatos y materia orgánica en sedimento, particularmente en Playa Bagliardi. Por otro lado, [Ocón et al. \(2008\)](#) han considerado el Cumacea *C. platensis*, el Tanaidacea *S. stanfordi*, y el Isopoda *P. platense* como sensibles a los cambios ambientales, debido a que los han encontrado en algunos lugares con muy baja abundancia. En el presente trabajo de Tesis estos grupos también fueron poco abundantes en el substrato blando.

Río Paraná: substrato duro y blando

En los muestreos de verano (2003 y 2004) en San Nicolás de los Arroyos (Paraná Inferior), el taxa **más abundante** sobre **substrato duro** fue el Bivalvia *L. fortunei*. Se hallaron valores muy inferiores para los Harpacticoida y los Oligochaeta Naidinae; los demás grupos taxonómicos como los Cnidaria,

Platyhelminthes, Rotifera, Nematoda, Hidrachnidia, Cyclopoida, Cladocera, Ephemeroptera, y Diptera Chironomidae se encontraron en muy bajas densidades. En el **substrato blando los grupos dominantes**, en general, fueron los **Oligochaeta, Nematoda e Hidrachnidia**. Demás grupos taxonómicos como el Bivalvia *C. fluminea*, Tardigrada, Cyclopoida, y Cladocera Macrothricidae tuvieron muy baja abundancia. En el trabajo de [Sylvester et al. \(2007b\)](#) del río Paraná Inferior, más precisamente en el bajo Delta del Paraná, se evaluó el efecto de *L. fortunei* sobre la abundancia y biomasa de los invertebrados bentónicos. Estos autores utilizaron substrato duro artificial de PVC dentro de jaulas, para evitar depredadores como peces. En cinco muestreos realizados entre el 2003 y 2004 encontraron que los invertebrados dominantes en número, en orden decreciente, fueron los Rotifera, Oligochaeta, Nematoda, Harpacticoida, Cyclopoida, Diptera Chironomidae, Turbellaria, Gastropoda, Hirudinea, Ostracoda, Cladocera, Ephemeroptera Caenidae, Hydrachnidia y Tanaidacea. La abundancia de los taxa se correlacionó positivamente con la biomasa del mejillón dorado, cuyos registros de densidad variaron entre 45.000 a 290.000 ind./m². En un estudio sobre la densidad de adultos de *L. fortunei* llevado a cabo por [Sardiña et al. \(2009\)](#) en el río Carapachay –zona baja del Delta del río Paraná y gran llanura de inundación que desemboca en el Río de la Plata–, encontraron fuertes efectos positivos sobre el número y crecimiento de reclutas recién asentados. En otro estudio llevado a cabo por [Sardiña et al. \(2011\)](#), sobre invertebrados bentónicos de dos localidades del Delta del Paraná (Río Luján y Canal del Este), durante diciembre 2008, seleccionaron un substrato duro de revestimientos de hormigón –con *L. fortunei*– y diferentes substratos blandos de sedimentos de limo, arcilla y arena –sin la presencia del *L. fortunei*– a distintas distancias (0 m, 5 m y 15 m) de profundidad o aguas abajo del substrato duro. Estos autores encontraron que en ambos sitios, el substrato duro con mejillones tuvo más abundancia de invertebrados que el substrato blando. También describieron que, después de los Bivalvia, Oligochaeta fue el taxa dominante en densidad en el substrato duro, con un 76,5 %; muy por debajo se encontraron a el Tanaidacea *Sinelobus stanfordi* con 4,83 %, el Gastropoda *Heleobia piscium* (d’Orbigny, 1835) con 4,54 %, los Harpacticoida con 4,36 %, los Nematoda 3,01 % y el Amphipoda *Hyallela* sp. con 2,49 %. En el substrato blando, Oligochaeta fue el taxa más abundante contribuyendo con 25 a 48 % de dominancia, junto con los Nematoda con

un 32,24 a 33,19 %. Luego se registraron a los Gastropoda *Potamolithus* sp. con un 10,22 a 10,52 %; y los Diptera Chironomidae con un 0,44 a 23,68 % de dominancia.

Para la localidad de Santo Tomé (**Paraná Medio**), los grupos más **abundantes** encontrados sobre el **substrato duro** fueron el **Bivalvia** *L. fortunei*, luego los **Ciliophora**, **Nematoda** y **Oligochaeta**. Otros grupos taxonómicos encontrados como Rotifera, Hirudinea, Hidrachnidia, Harpacticoida, Cyclopoida, Cladocera, Odonata, Diptera Ceratopogonidae y Chironomidae tuvieron una muy baja densidad. En el **substrato blando** los grupos **dominantes en abundancia** fueron los **Oligochaeta** y luego los **Nematoda**. Los grupos con valores muy bajos de dominancia registrados fueron los Hidrachnidia, Cyclopoida, Cladocera, y Odonata Coenagrionidae. Según [Zilli et al. \(2008\)](#) –en muestreos realizados en el sitio Vuelta de Yrigoyen, cercano a Santo Tomé, durante las aguas bajas entre 2001 y 2005– los Oligochaeta y Nematoda también fueron los más importantes en densidad para el substrato blando (90 % limo–arcilloso). Luego, describen que los grupos con menor relevancia fueron Hirudinea, Gastropoda *Heleobia* sp., Ephemeroptera, y varias especies de Diptera Chironomidae. Estos autores consideran la complejidad del substrato, la composición del sedimento y el contenido de materia orgánica como los factores más importantes en determinar la distribución de los organismos, a una pequeña escala espacial. Según [Blettler et al. \(2012\)](#) para el río Paraná Medio, entre la ciudad de Paraná y Santa Fe –durante aguas bajas en octubre de 2005–, se identificaron que las especies dominantes en substrato blando fueron los Oligochaeta como *Narapa bonettoi* (Righi & Varela 1983), Turbellaria y Nematoda. Además, reportaron otros taxa de los grupos de Mollusca, Collembola, Diptera Chironomidae y Ceratopogonidae. Las densidades totales de invertebrados bentónicos varió entre 0 (cero) y 11.656 ind./m², mientras que la densidad \bar{X} entre sitios de muestreo variaron entre 226 ind./m² y 3884 ind./m².

Para el sitio de Ituzaingó (**Alto Paraná**), los grupos más **abundantes** sobre el **substrato duro** fueron el **Bivalvia** *L. fortunei*, luego los Diptera **Chironomidae**, **Rotifera** y **Nematoda**. Los demás grupos taxonómicos encontrados como Hirudinea, Hidrachnidia, Harpacticoida, Cyclopoida, Cladocera, Odonata, y Diptera Ceratopogonidae estuvieron muy por debajo de los dominantes en términos de densidad. En el **substrato blando** los grupos **principales en densidad** fueron los **Oligochaeta** e **Hidrachnidia**. Los demás grupos taxonómicos encontrados como los

Rotifera, Bivalvia *C. fluminea*, Gastropoda, Cladocera Daphnidae, y Diptera Chironomidae presentaron muy baja abundancia. Según [Peso & Bechara \(1999\)](#), en un estudio de invertebrados bentónicos sobre substrato blando (limo–arenoso) del Alto Paraná, más precisamente en la zona fluvio–lacustre (Puerto Nemesio Parma) y de embalse (Puerto Valle), cercana a la represa Yacyretá, con muestreos mensuales desde mayo 1995 a julio del 1995 –antes de la invasión de *L. fortunei*– encontraron que en estos dos sitios, la dominancia en abundancia correspondió a los Insecta (43 a 52 %), siendo los Diptera Chironomidae el grupo más común en ocurrencias, seguido de los Oligochaeta (28 %) y tercero los Copepoda (13%). Otro grupo muy común de encontrar fue el Bivalvia invasor *Corbicula fluminea*, en función de el substrato y de la velocidad de la corriente. Los meses de mayo, septiembre y febrero correspondieron a los de mayor abundancia de individuos coincidiendo con los niveles aguas bajas. Mientras que según [Meichtry de Zaburlín et al. \(2010\)](#), en un estudio de invertebrados bentónicos sobre substrato blando en distintos cuerpos de agua fluvial y de embalses, cercanos al sitio de muestreo en Ituzaingó y a la represa Yacyretá, con muestreos mensuales entre febrero 1996 y enero 1998; encontraron que los Oligochaeta fueron el grupo más frecuentes y abundantes en la mayoría de los sitios relevados, siendo subdominantes los Diptera Chironomidae y el Bivalvia *Corbicula fluminea*. El predominio de estos tres grupos parece ser un rasgo característico de esta zona del Alto Paraná. Según [Agostinho et al. \(2009\)](#), el ciclo hidrológico es el que influye en la estructura de la comunidad bentónica, disminuyendo la abundancia de individuos durante el período de aguas bajas. Por otro lado, ya en la cuenca brasileña del Alto Paraná existen importantes represas hidroeléctricas como la de “Engenheiro Sérgio Motta”, con predominio de sedimentos gruesos aguas arriba, que provoca consecuencias peligrosas sobre la estructura del medio ambiente en aguas abajo del embalse, con preponderancia de sedimentos más finos. Estos diques generan cambios en la textura de los sedimentos del lecho del río y la comunidad bentónica sufre modificaciones en la distribución longitudinal, como por ejemplo el caso de los diferentes morfotipos de Dipteros Chironomidae, buenos bioindicadores de éstos cambios ambientales ([Pinha et al., 2013](#)).

7.2.2 Riqueza, Diversidad y Uniformidad

Río de la Plata: substrato duro y blando

La **riqueza de taxa (S)** bentónicos fue significativamente **mayor** en el **substrato duro** que en el **substrato blando** en los dos sitios relevados del **Río de la Plata**. En cambio, el **substrato blando** presentó significativamente una **mayor diversidad de Shannon–Wiener (H')** que el **substrato duro**. Esto último es debido a que en el substrato duro se encontraron una gran cantidad de individuos, mucho mayor que en el substrato blando; con una gran diferencia entre la abundancia de taxa dominantes con respecto a la de los menos dominantes. El índice de **diversidad (H')**, además de incorporar la riqueza taxonómica en su análisis, toma en cuenta la relación de la abundancia de cada taxa con la cantidad total de individuos (N) encontrados. Por otro lado, según el **índice de Simpson (λ)**, sobre el **substrato duro** en los dos sitios del Río de la Plata está explicado por pocos taxa muy abundantes, mientras que en el substrato blando la dominancia está más compartida entre sus componentes. Este desbalance en la abundancia de taxa también se ve reflejado en el análisis de la equitatividad o **índice de Pielou (J')**, particularmente en el substrato duro. La mayor equidad registrada en el substrato blando que en el substrato duro es debido a la uniformidad en sus componentes taxonómicos.

Para **Punta Indio** no existían aún registros de **diversidad alfa** de invertebrados bentónicos sobre **substrato duro**, sólo una taxocenosis de *Oligochaeta* descrita en [Armendáriz et al. \(2011\)](#). Este sitio presentó ligeramente una **mayor riqueza (S)**, **diversidad (H')** y **equitatividad (J')** que en **Playa Bagliardi** para este tipo de substrato, **no así con la dominancia (λ)** que fue menor.

Para **Playa Bagliardi**, según el trabajo de [Darrigran et al. \(1998\)](#), no se tenía registro *per se* de la diversidad de Shannon–Wiener (H'), como tampoco de la equitatividad de Pielou (J') de la comunidad del **substrato duro**; pero sí fue posible determinar la riqueza (S) total de invertebrados en 27 taxa –incluidas 16 especies de *Hirudinea*, *Oligochaeta* y *Aphanoneura*–. En un trabajo posterior sobre invertebrados bentónicos de substrato duro en **Playa Bagliardi**, llevado a cabo por [Spaccesi & Rodrigues Capítulo \(2012\)](#) –con muestreos durante 12 meses–, la riqueza (S) total registrada fue de 26 taxa, mientras que en este trabajo de Tesis fue de 35 taxa –sin determinar estas 16 especies mencionadas de *Annelida* por [Darrigran et al. \(1998\)](#)–. Esto indicaría que se incrementó la riqueza taxonómica

para este sitio y sustrato. Según [Spaccesi & Rodrigues Capítulo \(2012\)](#) el índice de diversidad H' (\log_2) más bajo registrado para Playa Bagliardi fue de 0,87 en abril y diciembre de 2001; y el más alto fue de 1,68 en setiembre de 2001; mientras que el índice de equitatividad (J') más alto se registró en setiembre de 2001 con 0,65; y el más bajo en junio de 2001 con 0,2. Estos son valores similares a los registrados en este trabajo de Tesis.

En cuanto al **sustrato blando**, según [Giberto *et al.* \(2004\)](#) y [Giberto *et al.* \(2007\)](#), el Río de la Plata presenta la mayor densidad y riqueza de invertebrados bentónicos en la zona externa estuarina; y en esta zona, a su vez, la diversidad (H') y uniformidad (J') de taxa son menores que en la zona adyacente marina al Río de la Plata. En general, los estuarios son considerados ambientes de baja diversidad y alta abundancia de organismos si se las compara con la zona marina adyacente, debido a los substanciales cambios que operan en cuanto a salinidad, materia orgánica, tipo de sedimento, etc. ([Day *et al.*, 1989](#); [Atrill *et al.*, 1996](#)). En el estudio conducido por [Giberto *et al.* \(2007\)](#) sobre invertebrados bentónicos de sustrato blando en aguas abiertas del Río de la Plata –con muestreos provenientes de 20 sitios en una transecta longitudinal de 560 km, durante la primavera de 2001– se evaluó la diversidad en relación a los gradientes ambientales. Estos autores encontraron una diversidad alfa (riqueza de taxa por muestra) de 3 a 12 taxa ($\bar{X} = 8,0 \pm 3,4$) para el agua dulce, de 1 a 20 taxa ($\bar{X} = 10,0 \pm 8,2$) en la zona externa estuarina, y de 1 a 40 taxa ($\bar{X} = 23,0 \pm 12,3$) en la zona marina. En el estudio de [Cortelezzi *et al.* \(2007\)](#) llevado a cabo en el sustrato blando desde el Delta del Paraná hasta la frontera marítima del Río de la Plata –con muestreos proveniente de 30 sitios–, describieron una riqueza (S) total de 53 taxa. Para un área donde se incluye a Playa Bagliardi, estos autores mencionaron de 11 a 15 taxa, mientras que para un área que incluye a Punta Indio describieron la presencia de 6 a 10 taxa. La diversidad (H') en aguas abiertas del Río de la Plata fue entre 0,18 y 2,36; con un valor de H' en la zona intermedia en $\bar{X} = 1,71 \pm 0,41$. En el estudio de [Ocón *et al.* \(2008\)](#) llevado a cabo en el sustrato blando en la zona intermedia del Río de la Plata –con muestreos en forma estacional provenientes de 18 sitios– encontraron una riqueza (S) taxonómica total = 49; siendo 21 la mayor cantidad de taxa encontrado en un sólo sitio. La diversidad de Shannon–Wiener (H') varió entre 0,95 y 1,99; y la equitatividad de Pielou (J') la registraron entre 0,53 y 0,92.

En la presente Tesis se registraron una **ocurrencia total de 35 taxa** en **Punta Indio**, y de **30 taxa** en **Playa Bagliardi** para el **substrato blando**, provenientes de muestreos mensuales en un periodo bianual. La diversidad de Shannon–Wiener fue similar, y hasta superior, a las de los autores anteriormente mencionados, debido a que en Punta Indio el H' se registró entre 0,92 a 2,21; mientras que en Playa Bagliardi fue entre 0,99 y 2,19 (**Nota:** dado que en los trabajos científicos mencionados no se aclara qué tipo de logaritmo fue utilizado para el índice de diversidad de Shannon–Wiener, no se pudieron realizar comparaciones precisas). Incluso los valores de abundancia, riqueza y diversidad de taxa encontrados en el litoral del Río de la Plata son, en general, mayores a los de aguas abiertas descriptas en la bibliografía.

Por otro lado, los valores de la **diversidad alfa** no mostraron una tendencia o dominancia en una estación del año en particular con respecto a la otra, como tampoco en un año de muestreo con respecto al siguiente en ninguno de los dos sitios muestreados del **Río de la Plata** ni para ambos substratos, *i.e.* **no se pudo observar algún tipo de patrón estacional en la riqueza, diversidad y uniformidad.**

La **diferencia en la abundancia y riqueza de taxa** del **substrato duro** con respecto a **substrato blando** en ambos sitios muestreo, también podrían ser explicados por la **complejidad de las superficies habitables**. El porcentaje de cobertura de *L. fortunei*, su gran densidad, la disposición agregada y el contorno del patrón espacial sugiere la **hipótesis** que la **estructura** de los **mejillones** podrían tener una **geometría fractal** (**Nota:** según [Mandelbrot \(1982\)](#) un fractal es un objeto geométrico cuya estructura básica es fragmentada, irregular, quebrada o fracturada, y se repite a diferentes escalas, *i.e.* puede ser construida a partir de la repetición de una unidad fundamental con determinada forma autosimilar). Las poblaciones del mejillón dorado se componen de múltiples copias de individuos pequeños de forma similar montada en formas más grandes y aún así similares e iterativas. Cuanto mayor es la dimensión fractal, mayor es la rugosidad o complejidad de una estructura. Mientras que en una superficie plana, como sería el substrato blando, la cantidad de espacio disponible es igual para los animales de cualquier tamaño ([Morse et al., 1985](#)). Las agregaciones de mejillones aumenta la superficie habitable. La disposición del conglomerado de mejillones tiene una mayor superficie y una arquitectura mucha más compleja que el substrato blando. Esto brindaría una mayor heterogeneidad a nivel de microhábitat, una disminución en el tamaño de los espacios intersticiales

(*e.g.* más refugios) que impediría el acceso a organismos de mayor tamaño (*e.g.* depredadores), presentaría una mayor disponibilidad de alimento (*e.g.* algas epífitas y detritos) y afectaría positivamente a la abundancia de especies, a la macrofauna móvil y a la riqueza de los invertebrados más pequeños (MacAbendroth *et al.*, 2005; Warfe *et al.*, 2008; Kovalenko *et al.*, 2012).

La complejidad estructural de los bancos de Mytilidae –en términos de tamaño del parche y/o estructura de tallas de mejillones– se ha asociado con la relación especies–área y el aumento de la diversidad biótica o la riqueza de especies, según Snover & Commito (1998) y Lawrie & McQuaid (2001); como así también se la ha utilizado para describir la complejidad del hábitat en los sistemas marinos con arrecifes de coral (Bradbury *et al.*, 1984), algas marinas (Gee & Warwick, 1994) y costas rocosas (Kostylev *et al.*, 2005).

Río Paraná: sustrato duro y blando

En los tres sitios muestreados en el río Paraná (verano de 2003 y 2004); y al igual que en los dos sitios del Río de la Plata, la **riqueza de taxa** (S) bentónicos fue significativamente **mayor en el sustrato duro que en el sustrato blando**. Si tenemos en cuenta sólo a febrero (verano), en los cinco sitios relevados, el número de taxa y la abundancia relativa en cada sustrato fue de similar a menor en el río Paraná que en el Río de Plata. El índice de **Shannon–Wiener (H')**, por el contrario al Río de la Plata, fue mayor en el sustrato duro que en el sustrato blando. El índice de **Simpson (λ)** en el río Paraná también fue a la inversa a la dominancia encontrada en el Río de la Plata; es decir, fue mayor en el sustrato blando que en el sustrato duro. No obstante, ambos índices (Shannon–Wiener y Simpson) mostraron que estas diferencias resultaron ser no significativas. Hay que tener en cuenta que los valores hallados en el río Paraná provienen sólo de muestreos de verano, estos índices podrían tener otros patrones si se considerase un ciclo anual y en promedio. Muchos de los patrones de distribución del bentos pueden ser explicados por la zonación transversal del río Paraná y la teoría del pulso de inundación. Por ejemplo, según un estudio de macroinvertebrados bentónicos realizado por Mesa *et al.* (2012) en la llanura de inundación fluvial del río Paraná Medio (prov. de Santa Fe), durante aguas alta (noviembre de 2009 y marzo de 2010) y aguas bajas (septiembre de 2010 y diciembre de 2010), demostraron que,

principalmente durante las aguas altas, la abundancia, riqueza y diversidad de taxa aumenta en un gradiente de conectividad lateral desde el cauce principal hasta los canales secundarios. La baja densidad de especies, riqueza y diversidad cerca de la orilla del canal principal puede explicarse por el bajo contenido de materia orgánica y granulometría de los sedimentos, y por la alta velocidad de la corriente que excluye a los organismos lénticos no adaptados.

Para el **Delta del río Paraná**, [Sylvester *et al.* \(2007b\)](#) brindaron un listado de taxa con sus abundancias que se asociaron a *L. fortunei* en el substrato duro, pero estos autores no calcularon índices de diversidad alfa (Shannon–Wiener, Simpson ó Pielou), como tampoco se brinda en [Sardiña *et al.* \(2011\)](#); si bien en este último trabajo se menciona al substrato duro con una mayor riqueza taxonómica que el substrato blando.

Para el **Paraná Medio**, [Zilli *et al.* \(2008\)](#) describen en el sitio de la Vuelta de Yrigoyen –cercano a la ciudad de Santa Fe, durante las aguas bajas entre el 2001 y 2005–, una riqueza de 22 taxa (entre ellos 10 especies de Oligocaheta y 7 especies de Diptera Chironomidae). Según [Blettler *et al.* \(2012\)](#) la comunidad bentónica de substrato blando en este tramo del río Paraná arrojó una riqueza total (S) de 16 especies, un índice de diversidad (H') entre 0,18 y 0,44; y una equitatividad (J') entre 0,2 y 0,55. Levemente menor a las encontradas en el Río de la Plata.

Para el **Alto Paraná**, [Peso & Bechara \(1999\)](#) describen en sitios fluvio–lacustre y de embalse cercano a la represa Yacyretá, entre mayo 1995 a julio del 1995, una riqueza taxonómica mensual entre 3 a 19; siendo el total entre 46 a 53 taxa sobre substratos blandos. La diversidad (H') que registraron alcanzó valores altos de 3,63. Según [Meichtry de Zaburlín *et al.* \(2010\)](#), en cuerpos de agua fluvial y de subembalses de la represa de Yacyretá (Alto Paraná), entre febrero 1996 y enero 1998, describieron una comunidad bentónica de substratos blandos representada por un total de 56 especies, alcanzando un pico máximo de riqueza mensual de 30 taxa. Mientras que para la diversidad de Shannon–Wiener obtuvieron un máximo de 2,79. Estos autores no observaron una marcada estacionalidad en la abundancia y diversidad en la mayoría de los sitios relevados, pero sí una clara variación espacio–temporal en cuanto a la composición cuali–cuantitativa durante el período de estudio ([Meichtry de Zaburlín *et al.*, 2010](#)).

En este trabajo de Tesis, el sustrato duro en Ituzaingó (Alto Paraná) presentó los valores más altos de riqueza de taxa (S), diversidad (H') y equitatividad (J'), y al mismo tiempo los valores más bajos de dominancia (λ) de los tres sitios relevados en el río Paraná.

7.2.3 Similitud de Jaccard y de Sørensen cuantitativo

Río de la Plata: sustrato duro y blando

En ambos sitios del Río de la Plata, el sustrato duro y blando tuvieron un elenco de especies de invertebrados comunes relativamente bajo ($\leq 28\%$), siendo al sustrato duro el de una mayor exclusividad de invertebrados ($\leq 47\%$) que el sustrato blando ($\leq 27\%$). Los valores de **diversidad β** –Coeficiente de similitud de Jaccard (I_J) y Coeficiente de similitud de Sørensen cuantitativo (I_s cuant.)– no tuvieron considerables variaciones en el tiempo, ya que los valores persistieron en un rango de 0 y 0,5. Es decir, **existieron más diferencias que similitudes entre los sustratos y su fauna de invertebrados asociados**. En relación a la selectividad por el **sustrato** se encontraron en este estudio: a) **taxa exclusivos** o restringidos solamente a un sustrato en particular; *e.g.* el Polychaeta *Nereis (Neanthes) succinea*, que debido a su hábito horadador de ambientes estuarinos–marinos se lo encontró sólo en el sustrato duro de Punta Indio; b) **taxa selectivos** o encontrados en un tipo de sustrato y ocasionalmente en el otro; como por ejemplo el Bivalvia *L. fortunei*, que debido al hábito epifaunal bisado (individuos $> 1\text{ mm}$) se lo encontró en el sustrato duro, mientras que en el sustrato blando sólo se observaron larvas en estadios avanzados; y c) **taxa indiferentes** o que se encontraron en cualquier sustrato sin mostrar preferencias; *e.g.* los Nematoda y Oligochaeta, ya que ambos se asocian a sustratos con valores altos de materia orgánica.

En relación a los coeficientes de similitud observados, y siguiendo la ocurrencia y abundancia de los taxa en los dos años de muestreos, se podría afirmar que la estructura de las comunidades se mantuvo en el tiempo y reflejó la **persistencia de los ensambles**; incluso frente a la aparición de algún disturbio como los mencionados anteriormente (exposición al oleaje, tiempo de exposición al aire y desecación, intrusión de alta salinidad desde el estuario, etc.). Si no fuera así, la riqueza de taxa en cada sitio y sustrato debería haber tenido una tendencia a disminuir o a aumentar; aunque es probable que exista todavía un **límite hipotético**

de diversidad de taxa o saturación de ensambles (Rosenzweig, 1995). Por otro lado, si la comunidad bentónica litoral rioplatense no estuviera en un estado estacionario de taxa entonces estaría abierta a otra posible invasión biológica, lo que no ha ocurrido hasta el momento.

En un estudio hecho por Giberto *et al.* (2007) sobre patrones espaciales del bentos de substrato blando en aguas abiertas del Río de la Plata –con muestreos provenientes de 20 sitios a lo largo de una transecta de 560 km, durante la primavera de 2001– evaluaron la diversidad beta en función del recambio de especies entre el agua dulce, estuarina y marina, y en relación a los gradientes ambientales. Estos autores encontraron una riqueza total de 134 taxa; 33 especies en el agua dulce, 38 especies en la zona externa y 81 especies en la zona marina. Las asociaciones presentaron una composición diferente de taxa: Insecta (6 especies) y Oligochaeta (6 especies) sólo se encontraron en agua dulce, Crustacea (13 especies) y Mollusca (12 especies) predominan en la zona estuarina; mientras que en la zona marina dominaron los Polychaeta (22 especies). Según estos autores, tres principales taxa (Crustacea, Mollusca y Polychaeta) y los índices de diversidad beta definen las tres grandes áreas (dulce, estuarina y marina). La rotación de especies en agua dulce y de estuario fue mayor para los Crustacea, luego para los Mollusca y Polychaeta. En la zona marina el más alto reemplazo de especies fue para los Mollusca, y luego para los Crustacea y Polychaeta. A lo largo de la escala espacial muestreada (560 km), la diversidad beta fue mayor para todos los taxa combinados que en la escala de cada área (dulce, estuarina y marina), lo que refleja la clara composición de las tres áreas definidas. En general, la diversidad beta aumentó en función de la distancia entre sitios o las diferencias en la salinidad. Según Giberto *et al.* (2007), representa una herramienta útil para definir los límites ecológicos de las comunidades bentónicas en el Río de la Plata. En el presente trabajo; ejemplos de **recambio de taxa** encontrados en el litoral podrían darse en grupos como los Foraminifera, Polychaeta, Cirripedia y Decapoda, que se registraron sólo en Punta Indio, debido a que son grupos que se han adaptado mejor a ambientes estuarinos o marinos; o las especies de Hirudinea que se las encontró sólo en el agua dulce de Playa Bagliardi, probablemente debido a que es un grupo muy poco tolerante a las fluctuaciones de salinidad (Gullo & Darrigran, 1991).

Según Camus & Lagos (1996) la jerarquía de las relaciones comunitarias está dada por la **dominancia** relativa de determinados taxa y depende de la particular secuencia en que ingresen a la comunidad (**sucesión**). Pero más que un proceso sucesional se puede discriminar en una periodicidad estacional. El proceso de **ensamble comunitario** forma una estructura de dominancia que se reproduce en escalas espacio–temporales. La estructura de dominancia en una comunidad tiende a estar dada por un conjunto pequeño de **especies** llamadas **nucleares, centrales o residentes**, que actúan como **especies oportunistas** con un comportamiento dinámico de alto reclutamiento, alta capacidad de apropiación del espacio, alto recambio poblacional, alta persistencia temporal, baja probabilidad de extinción, mayor abundancia local promedio a escala regional, y un dominio del curso de la **sucesión** de principio a fin. Tal podría ser el caso de *L. fortunei* en el substrato duro, que sería un **taxa sucesional pionero o especie clave** (“keystone species”; Power *et al.*, 1996) modificador del medio, de tal manera que lo hace favorable para el establecimiento de otros organismos sucesionales tardíos como los Nematoda y Oligochaeta, dando un efecto positivo en la diversidad específica a través de interacciones directas positivas. En contraste, un gran conjunto de **especies** llamadas **satélites, ocasionales o transientes** muestran las características inversas a las especies centrales. Estas son taxa poco frecuentes, de bajas densidades, sus áreas habitables son reducidas o sólo son habitables durante un tiempo muy breve, intervienen con mayor frecuencia en el recambio temporal de taxa, en la sucesión local y en el recambio espacial entre comunidades (Li *et al.*, 2001; Allan & Castillo, 2007).

Por otro lado, la **ocurrencia de invertebrados bentónicos** en la costa del **Río de la Plata** en su zona **interna e intermedia** puede verse favorecida por el caudal aportado por el **corredor Paraná de las Palmas**. En la sección central, lejos de las costa Argentina y Uruguay, un flujo de agua dulce es transportada por la descarga del corredor Paraná Guazú. Un tercer corredor de agua es el Paraná Bravo-Sauce, delimitado entre el Paraná Guazú y el flujo que baña la costa uruguaya o subcorredor del Río Uruguay (Piedra-Cueva & Fossati, 2007). Estos **corredores de agua dulce** tendrían una **influencia en la abundancia y distribución** de determinados **grupos faunísticos por deriva, en distintos periodos del año**, *e.g.* aguas bajas (primavera a verano) y aguas altas (otoño e invierno; Guerrero *et al.*, 1997);

mientras que los **límites de dispersión** de taxa pueden coincidir con barreras como el **frente de turbidez y salinidad**, como ejemplo podría ser el caso del Gasteropoda *U. concentricus*, el Hirudinea *Helobdella* sp. o las larvas del Mytilidae *L. fortunei*.

Río Paraná: substrato duro y blando

En los tres sitios relevados en el río Paraná, tanto la similitud de Jaccard (I_J) como la de Sørensen cuantitativo tuvieron valores bajos y aún más bajos que en el Río de la Plata. Esto demostró que en el río Paraná también existió una discrepancia de taxa entre ambos substratos, en cuanto a riquezas comunes y abundancia. El Alto Paraná fue el lugar con las mayores diferencias entre los dos tipos de substratos. En el trabajo de [Sardiña *et al.* \(2011\)](#), en la zona del Delta del Paraná, observaron la ocurrencia solamente en el substrato duro de grupos como Amphipoda *Hyallela* sp. e Isopoda; mientras que en el substrato blando estuvieron presentes sólo Gastropoda *C. fluminea* y Planorbidae, Cyclopoidea, Cladocera Sididae, Ostracoda, Odonata, Diptera Ceratopogonidae y Chironomidae.

7.3 RELACIONES VARIABLES AMBIENTALES Y LA COMUNIDAD BENTÓNICA

Río de la Plata: substrato duro y blando

La variación estacional y de un año de muestreo a otro se traduce no sólo en la aparición, repetición y reemplazo de taxa, sino también en los distintos valores de abundancia y dominancia de los mismos en el tiempo. Según el análisis multivariado ANOSIM, el **substrato duro** mostró una **ligera variación significativa entre la composición y estructura** de su **fauna bentónica** con respecto las **estaciones del año** (verano, otoño, invierno y primavera) **en ambos sitios del Río de la Plata, y de un año de muestreo con respecto al siguiente sólo en Playa Bagliardi**. En cambio, el **substrato blando** no mostró **variación significativa** en la **composición y estructura** de su **fauna bentónica** con respecto a las **estaciones del año**, **en ninguno de los dos sitios del Río de la Plata; y de un año de muestreo con respecto al siguiente sólo hubo variación en Punta Indio**. Por el contrario, el análisis ANOSIM identificó la diferencia significativa entre los ensambles bentónicos de substrato duro de la del

substrato blando, distinguiéndose claramente las entidades (comunidades) asociadas cada tipo de substrato.

El análisis multivariado nMDS permitió visualizar estas **unidades discretas** y cómo los muestreos mensuales se apiñaron en grupos de muestras parecidas entre sí, delimitando una zona concentrada de puntos; mientras grupos de muestras menos homogéneas entre ellas se separaron en zonas con menor concentración de puntos. Esto quedó definido por el coeficiente de disimilitud.

El análisis multivariado SIMPER confirmó lo obtenido en el análisis univariado de la abundancia y dominancia de taxa para cada sitio, substrato y periodo muestreado en el Río de la Plata; es decir, los Nematoda y Bivalvia fueron los grupos dominantes para el substrato duro de Punta Indio y Playa Bagliardi; los Tardigrada, Nematoda y Ostracoda los grupos dominantes para el substrato blando de Punta Indio, y los Nematoda el grupo dominante para substrato blando de Playa Bagliardi. En un análisis SIMPER realizado por [Giberto et al. \(2004\)](#) para aguas abiertas de la zona externa estuarina del Río de la Plata, encontraron que 15 de 134 especies descriptas contribuyeron con el 90 % del total abundancia, siendo el Bivalvia *Macra isabelleana* (d'Orbigny 1846), y el Decapoda *Artemesia longinaris* (Bate 1888) los dos taxa más dominantes.

Si bien las condiciones físicas y químicas son determinantes para la presencia, asentamiento, desarrollo y abundancia de organismos bentónicos, el análisis multivariado de BIOENV mostró una muy **baja correlación entre las variables bióticas y las ambientales**. Los datos biológicos y ambientales fueron tomados en momentos de marea baja, cuando los substratos quedaban expuestos al aire, lo que se puede inferir que las variables físicas y químicas podrían estar influyendo a nivel de microhábitat. Al menos en el **substrato duro**, la **fauna de invertebrados** probablemente esté más **estrechamente relacionada con los recursos y la dinámica funcional que ofrece *L. fortunei*** que con las propias variables ambientales mensurables.

Según el trabajo de [Giberto et al. \(2004\)](#) para las aguas abiertas de la zona externa estuarina del Río de la Plata, los valores del análisis de BIOENV fueron relativamente bajos y no existió una sola variable biótica que proporcionara la mejor correlación con los patrones ambientales. La mejor combinación incluyó a la salinidad y temperatura, pero según estos autores otras variables podrían estar

afectando a las comunidades bénticas de substrato blando, *e.g.* la materia orgánica o el tamaño del grano del sedimento. Según [Cortelezzi et al. \(2007\)](#), la zona externa estuarina del Río de la Plata está más influenciada por la profundidad, el oxígeno disuelto, la salinidad y el pH que caracterizan el medio marino, mientras que la zona intermedia del Río de la Plata no estaría claramente definida por estas variables ambientales. En el trabajo de [Giberto et al. \(2007\)](#) para las aguas abiertas de las tres zonas (interna, intermedia y externa) del Río de la Plata, el BIOENV mostró que los patrones de la fauna bentónica tuvieron una correlación más fuerte con las variables profundidad, salinidad y porcentaje de arcilla.

Si bien las variables físicas y químicas no definieron un patrón de cambio comunitario; se sabe que a un nivel poblacional, variables como la temperatura y su aumento durante la primavera y verano podrían ser determinantes del alto reclutamiento del Bivalvia *L. fortunei* (individuos < 1 mm) en el substrato duro de Playa Bagliardi; mientras que una disminución en la densidad de los reclutas estaría vinculada a las bajas temperaturas invernales ([Darrigran et al., 1999](#); [Spaccesi, 2013](#); ver Fig. 32 del Apéndice). En Punta Indio existen diferentes patrones de reclutamiento respecto a los de Playa Bagliardi, si bien ambos sitios tienen el mismo ciclo anual de temperatura. Según [Spaccesi \(2013\)](#) para este patrón poblacional en Punta Indio la temperatura no sería el factor determinante, sino una combinación de variables ambientales como la temperatura, los sólidos disueltos y la saturación de oxígeno. Otra variable ambiental como la salinidad podría influir en la regulación de la presencia, supervivencia y densidad de reclutas; debido a que Punta Indio presenta variaciones relevantes en la conductividad y TDS por su proximidad a la zona externa estuarina del Río de la Plata, y por el avance y retroceso del frente de turbidez ([Guerrero et al., 1997](#); [Mianzan et al., 2001](#)). Esto probablemente produciría una inestabilidad ambiental para el **reclutamiento**. Según [Oliveira et al. \(2011\)](#) en el río Miranda (Brasil), la combinación de una alta concentración de sedimentos en suspensión (alta turbidez inorgánica), baja disponibilidad de alimentos y la elevada fuerza y velocidad del agua constituyen condiciones limitantes para el establecimiento de larvas de *L. fortunei*. La misma dinámica poblacional se produce en el reclutamiento del mejillón cebrado en el sistema del río Mississippi (USA), en particular cuando esas condiciones se combinan con altas temperaturas ([Allen et al., 1999](#)).

7.4 GRUPOS FUNCIONALES ALIMENTARIOS (GFA)

Los **ensambles funcionales o gremios** son un grupo de especies no emparentadas, independientemente de su posición taxonómica, y redundante en su funcionalidad; debido a que se sobreponen significativamente en sus requerimientos del nicho trófico y explotan la misma clase de recursos de manera similar. La ocupación de un determinado nicho por un determinado taxa y la secuencia de colonización siguen una sucesión ecológica, originando una red trófica en la que se puede saturar de grupos funcionales alimentarios (Simberloff & Dayan, 1991; Wilson, 1999).

Río de la Plata: substrato duro y blando

En el **substrato duro de Punta Indio** la **mayoría de los taxa pertenecieron al gremio de los recolectores y filtradores (G2)**, algunos de los cuales son organismos pivotantes o sésiles que esperan el alimento pasivamente, como el caso de los Bivalvia Mytilidae, y Cirripedia. También fueron importantes los fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros (G1); muchos de estos organismos son hábiles caminadores o vágiles, como los Amphipoda e Isopoda. Este gremio G1 fue el que dominó en la abundancia entre los GFA.

Coincidiendo con [Spaccesi & Rodrigues Capítulo \(2012\)](#), en el substrato duro de **Playa Bagliardi** la **mayoría** de la riqueza taxonómica perteneció al gremio de los G1 y G2, pero fueron los **recolectores y filtradores (G2)** los que dominaron en abundancia entre los GFA.

En el área de mayor estratificación de la salinidad del Río de la Plata, donde se desarrolla el frente de alta turbidez, existe una floculación de materia suspendida en la punta de la cuña salina y una resuspensión de sedimentos por agitación de la marea, así como una baja transparencia. Esto es una limitante en la producción primaria fitoplanctónica, a pesar de existir considerable aporte de nutrientes de la cuenca y disponibilidad de oxígeno ([Boschi, 1988](#); [Framiñan & Brown, 1996](#)). Además, en el Río de la Plata la composición de fitoplancton varía a lo largo de la costa desde el norte –con más cantidad de algas Chlorophyceae (Clorofitas) y Cyanophyceae (Cianobacterias), ricas en carbohidratos– hasta el sur –con más cantidad de Bacillariophyceae (Diatomeas) eurihalinas, ricas en lípidos–

(Gómez *et al.*, 2004). Todo esto podría influir en la tasa de filtración de *L. fortunei* y su abundancia. Así como la temperatura, salinidad o exposición al aire se consideraron reguladores de la abundancia del mejillón dorado en los sitios de muestreo, la diferente calidad y cantidad de alimento (plancton) disponible para el mejillón dorado también podría serlo. Por otro lado, la penetración de luz tal vez sea insuficiente para que organismos autótrofos fotosinteticen en forma eficiente dentro de las agregaciones de mejillones. Esto puede deberse al apiñamiento y la gran abundancia de los mejillones, sobre todo en Playa Bagliardi, o al depósito de sedimento cubriendo parcialmente el substrato rocoso, sobre todo en Punta Indio (obs. pers.).

En los ambientes de estudiados, la materia orgánica es una fuente principal de alimento que se encuentra en forma de fitoplancton y material residual *e.g.* heces de invertebrados biodepositados, pseudoheces, bacterias y detritus. Esta es generada por la alta tasa de filtración y la excreción de *L. fortunei*, por el zooplancton y por la descomposición del material residual en la columna de agua. Los **biodepositos** son habitualmente ricos en carbono y nitrógeno, los cuales enriquecen los sedimentos y estimula el crecimiento microbiano y algal (Ricciardi, 1998; Sylvester *et al.*, 2005). Esto a su vez proporciona una primordial fuente de alimento para la fauna de invertebrados bentónicos. Los recolectores y filtradores (G2), más los alimentadores de depósitos y detritívoros (G1) son sostenidos por los altos depósitos de carbono orgánico (Sylvester *et al.*, 2007a; Sardiña *et al.*, 2008). Los otros grupos funcionales determinados como los raspadores (G3), suelen pastar sobre las microalgas que cubren las valvas del mejillón dorado. Estos son organismos que se deslizan sobre el substrato duro con una amplitud pequeña, casi sedentaria, *e.g.* *U. concentricus* (César *et al.*, 2000). Por otra parte, las agregaciones de mejillones crean un microhábitat para algunos grupos faunísticos de mayor movilidad que lo utilizan para la oviposición o para atravesar periodos vulnerables como la pupación, *e.g.* Diptera Ceratopogonidae y Chironomidae. El material de desecho que queda retenido entre las valvas por biodepositación también puede ser utilizado para la construcción de estuches o capullos, *e.g.* Tanaidacea (obs. pers.).

La cantidad de espacio disponible como microhábitat para los organismos bentónicos es proporcional a la complejidad de la superficie de los mejillones. De acuerdo con Karatayev *et al.* (2007), Sylvester *et al.* (2007b) y Darrigran &

Damborenea (2011), *L. fortunei* actuaría como un **ingeniero ecosistémico** (Nota: según Jones *et al.* (1997) un ingeniero del ecosistema se define como un organismo que controla la disponibilidad de recursos a otros organismos causando cambios de estado físicos en los materiales bióticos o abióticos). El mejillón dorado beneficia a muchos otros invertebrados bentónicos, proporcionando recursos adicionales a través de un aumento en la complejidad de la microhábitats disponibles y la heterogeneidad de **substrato duro** para la posible colonización. Interacciones positivas entre *L. fortunei* e invertebrados asociados también fueron documentadas por Sardiña *et al.* (2008) y Spaccesi & Rodrigues Capítulo (2012). Por otro lado, el conglomerado de mejillones brinda **un refugio a las presas** ante predadores y un rango de tolerancia a factores físicos como la desecación o shock de las olas. Posiblemente este rango sea más amplio que el de las condiciones sobre las cuales los predadores puedan alimentarse eficientemente (Paine & Levin, 1981). Según Townsend (1989) y Townsend & Hildrew (1994) los predadores podrían controlar la abundancia de taxa, ya que este gremio puede explotar este microhábitat en momentos de disturbios como la disminución del nivel hidrométrico o marea baja y consumir a otros organismos. Estas interacciones también determinan la composición de la comunidad y afectan la diversidad de taxa. Además de una descripción cuantitativa del número y abundancia de taxa presentes en una comunidad, la **diversidad** tiene un **significado funcional** (Jones *et al.*, 1997). Si el gremio (G4) de los predadores (*e.g.* Hirudinea) consumen en función de la abundancia de presas (*e.g.* Nematoda), mayor en el substrato duro que en el substrato blando, y la intensidad de la predación fuese baja o excesivamente alta, entonces la diversidad probablemente sea baja. La máxima diversidad se produce para niveles intermedios de depredación (Menge & Sutherland, 1976), lo que podría estar ocurriendo en el substrato blando.

En el **substrato blando** de Punta Indio la **mayoría de los taxa** pertenecieron al gremio de los **recolectores y filtradores** (G2), mientras que la **mayor abundancia** estuvo repartida entre los **fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros** (G1), más los **recolectores y filtradores** (G2).

En el **substrato blando** de Playa Bagliardi los grupos **funcionales alimentarios** de los **recolectores y filtradores** (G2) tuvieron la mayoría de la riqueza taxonómica; pero la abundancia estuvo repartida entre los G1 y G2.

Según [Giberto et al. \(2004\)](#), las superficies fangosas de la zona externa estuarina del Río de la Plata también se caracterizan por una alta abundancia de alimentadores de depósito. Al igual que en el sustrato duro, la fuente principal de alimento es la materia orgánica en forma de fitoplancton y material residual (*e.g.* heces de zooplancton, bacterias) generada por el pastoreo del zooplancton, descomposición y otros procesos en la columna de agua. Pero el insumo de carbono que alcanzan los sedimentos del fondo del estuario se deriva principalmente de fuentes alóctonas, ya que la producción de fitoplancton se ve limitada ([Boschi, 1988](#); [Framiñan & Brown, 1996](#)).

Río Paraná: sustrato duro y blando

En los tres sitios relevados en el **río Parana** durante el verano, el predominio en taxa y abundancia fue claramente del **gremio de los recolectores y filtradores** (G2), pero aquí se observó a los predadores (G4) con un papel más relevante que en el Río de la Plata.

Según [Sardiña et al. \(2011\)](#) en el **Delta del río Paraná** la materia orgánica fue significativamente mayor en el sustrato duro que en el sustrato blando en forma de fitoplancton y material residual, *e.g.* heces de invertebrados biodepositados, pseudoheces, bacterias y detritus. Esta es generada por la alta tasa de filtración y la excreción de *L. fortunei*, el zooplancton y la descomposición en la columna de agua.

Según [Rojas Molina & José de Paggi \(2008\)](#) y [Rojas Molina et al. \(2010\)](#) en ríos secundarios como el Colastine y Colastinecito (prov. de Santa Fe) de la llanura de inundación del río **Paraná Medio**, la abundancia del zooplancton era significativamente mayor antes de la introducción del mejillón dorado que a su post-invasión, particularmente en periodos de aguas bajas. Por otro lado, demostraron que en esos ambientes *L. fortunei* se alimenta principalmente de fitoplancton (98% de la dieta), con una selección altamente positiva hacia organismos con capacidad limitada de escape y de tamaño bajo a moderado, como algas Euglenophyta, seguidas por Bacillariophyceae y Chlorococcales. Mientras que los Rotifera (*Keratella* sp.) y Cladocera (Chydoridae y Bosminidae) fueron los grupos de animales con mayor abundancia y frecuencia en la alimentación del mejillón dorado. La estructura de las comunidades de plancton puede estar cambiando debido a la presión diferencial de depredación por parte de *L. fortunei*, más que

atribuírsele a factores hidrológicos o de enriquecimiento de nutrientes. Según [Zilli et al. \(2008\)](#) para el sitio correspondiente al Paraná Medio, dentro del substrato blando, encontraron al gremio de los recolectores con la mayor riqueza y abundancia relativa promedio, seguido de los predadores con más del 20 % del total. Siguiendo en río Paraná Medio (prov. de Santa Fe), en un trabajo de [Galizzi et al. \(2012\)](#) llevado a cabo entre el 2002–2005 sobre substrato blando (limo–arcilloso) en la llanura aluvial, analizaron contenidos intestinales de larvas de Diptera Chironomidae y encontraron un gran solapamiento trófico –un mismo taxa utiliza los mismos recursos al mismo tiempo–. La mayoría de los Chironomidae que registraron fueron detritívoros consumidores de detritus amorfo y materiales minerales (arena); mientras que Chironomidae depredadores tuvieron un solapamiento de nicho inferior con algas (Bacillariophyceae) y tejidos animales (Oligochaeta) en la dieta. Los géneros de Chironomidae compiten por los recursos alimentarios, pero coexisten en los mismos hábitats porque el detritus de los ambientes de llanuras de inundación del río Paraná Medio es ilimitado ([Galizzi et al., 2012](#)). Por otro lado, en un estudio realizado por [Marchese et al. \(2014\)](#) en la llanura de inundación con conexión al canal principal del río Paraná Medio (prov. de Santa Fe), con muestreos realizados durante las aguas altas (noviembre de 2009 a marzo de 2010) y bajas (septiembre a diciembre de 2010), describieron la composición isotópica estable del carbono y nitrógeno de distintas fuentes de energía del cuerpo de agua –sedimentos del fondo, materia orgánica, partículas en suspensión, biofilm, epifiton, etc.– como recursos alimentarios potenciales en las redes tróficas y su contribución a los GFA, demostrando que, por ejemplo, el nicho isotópico de recolectores (Oligochaeta, Amphipoda, Diptera Chironomidae) fue significativamente más amplio que el de filtradores (*L. fortunei*) y herbívoros; o que fuentes como el sedimento del fondo son los mayores contribuyentes energéticos para Oligochaeta y Chironominae, mientras que el biofilm lo es para los mejillones de agua dulce. Según [Marchese et al. \(2014\)](#), las principales fuentes de energía disponibles para los organismos bentónicos del río Paraná Medio se originan principalmente de fuentes autóctonas y se derivan de la vía fotosintética y la producción primaria pelágica (epifiton).

Ya en la cuenca brasileña del **Alto Paraná**, con la presencia de varias represas hidroeléctricas modificadoras de la textura del sedimento, la ocurrencia de

L. fortunei sobre guijarros y granulados generó una gran cantidad de detritus y pseudoheces para el establecimiento de distintos morfotipos de Diptera Chironomidae (Pinha *et al.*, 2013); taxa abundante y dominante dentro de los grupos funcionales alimentarios en el substrato duro del sitio de muestreo de Ituzaingó (Alto Paraná).

CONCLUSIONES

Con este estudio se han logrado delinear **patrones de distribución** de la fauna bentónica del Río de la Plata y río Paraná en un **tiempo y espacio definido**, explorando la relación taxa–substrato–ambiente, y brindando una visión sobre aspectos **composicionales, estructurales** y hasta **funcionales de la comunidad**. La identificación y ordenamiento de grupos de invertebrados dulciacuícolas y estuarinos permitió complementar inventarios faunísticos ya descriptos, y aportar nuevas interpretaciones a la dinámica comunitaria.

Varios son los **factores que determinan y afectan** la composición y estructura de las comunidades bentónicas litorales rioplatense y paranaense estudiadas, como las condiciones físicas y químicas (*e.g.* temperatura y salinidad) y las interacciones bióticas (*e.g.* colonización y predación), pero fundamentalmente es el **tipo de substrato** (*e.g.* duro y blando) el que condiciona su colonización. La **abundancia**, la **riqueza** y la **diversidad** resultaron estimadores apropiados de los **cambios** comunitarios. La diversidad alfa y beta fueron descriptores consistentes de la calidad ecológica donde habitan las comunidades bentónicas litorales. Estos índices no se habían aplicado en profundidad con anterioridad, a una escala espacial y temporal continua, al menos en el Río de la Plata.

Después de lo expuesto en este trabajo de Tesis y las problemáticas planteadas se concluye que:

a) se acepta la hipótesis que la **modificación del tipo de substrato duro o blando incide en la composición y estructura de la comunidad de invertebrados asociados**. Los resultados mostraron que existieron importantes diferencias significativas en términos de composición entre el ensamble bentónico del substrato duro con la del substrato blando, definiéndose entidades comunitaria en cada tipo de substrato. Por otro lado, en Punta Indio y Playa Bagliardi el substrato duro

mostró una ligera variación significativa entre la composición y estructura de su fauna bentónica con respecto las estaciones del año (verano, otoño, invierno y primavera). De un año de muestreo con respecto al siguiente sólo se observó esta variación en Playa Bagliardi. En el Río de la Plata el sustrato duro presentó una mayor abundancia de individuos que el sustrato blando, y éste a su vez fue mayor en Playa Bagliardi que en Punta Indio; siendo el Bivalvia invasor *L. fortunei* y los Nematoda los grupos constantes y dominantes en densidad en ambos sitios. Secundariamente se registraron los Oligochaeta, Polychaeta, Harpacticoidea, Cirripedia y Tanaidacea en Punta Indio; y los Hirudinea y Tanaidacea en Playa Bagliardi; siendo entonces relevantes como componentes de la comunidad bentónica del sustrato duro. En Punta Indio no se tenían registros de frecuencia, abundancia y dominancia de la comunidad bentónica litoral de sustrato duro; mientras que en Playa Bagliardi se hallaron grupos como los Rotifera, Tardigrada, Hydrachnidia, Gastropoda *Potamolithus* sp., Cladocera, Ostracoda, Harpacticoidea, Calanoidea, Cyclopoidea, Collembola, Ephemeroptera, Diptera Ceratopogonidae y Dolichopodidae en el sustrato duro que no habían sido informados de su ocurrencia y abundancia en trabajos anteriores. Por el contrario, especies mencionadas para Playa Bagliardi como los Gastropoda *Ch. fluminea* y *B. straminea*, no se documentaron en los muestreos y por lo tanto podrían haber sido desplazadas de la comunidad del sustrato duro.

Las agregaciones de *L. fortunei* juegan un rol central en el ecosistema costero rioplatense, ya que brindan un nuevo sustrato duro-biológico para el asentamiento de otros invertebrados, permite el aumento numérico de los individuos y cambia significativamente la composición de los taxa. En Punta Indio, la población del mejillón dorado permanece, en promedio, menos tiempo expuesto al aire que en Playa Bagliardi, en función de la disponibilidad, disposición y ubicación del sustrato. También este sitio presenta menor abundancia de individuos y sus tallas son mayores que las observadas en los ejemplares de Playa Bagliardi. Esto proporciona refugio más pobre para el reclutamiento de los mismos mejillones y retarda la desecación con menos eficiencia. En cambio, la alta densidad de individuos de pequeño tamaño sobre el sustrato duro de Playa Bagliardi, facilitaría la retención de la humedad y proporcionaría un refugio para un alto número de reclutas supervivientes y todo un grupo de invertebrados que se asociarían a este

substrato. El patrón de abundancia espacial también se puede explicar por la dinámica poblacional del *Bivalvia* invasor, los procesos regionales de dispersión, la disposición en parches del substrato duro costero y las características hidrodinámicas del Río de la Plata.

En cuanto al substrato blando, no mostró variación significativa en la composición y estructura de su fauna bentónica con respecto a las estaciones del año, en ninguno de los dos sitios del Río de la Plata y, de un año de muestreo con respecto al siguiente sólo hubo variación en Punta Indio. La constante ocurrencia y la gran abundancia de los Nematoda y Ostracoda, y en menor medida de Cyclopoida y Tardigrada, mostraron la relevancia de estos grupos dentro de la comunidad bentónica en el substrato blando de Punta Indio. Mientras que los Nematoda, secundariamente los juveniles de *Bivalvia* (individuos < 1 mm), Rotifera y Hidrachnidia lo fueron para Playa Bagliardi.

Si bien las condiciones físicas y químicas del agua son determinantes para la presencia, asentamiento, desarrollo y abundancia de organismos bentónicos, éstas tuvieron en forma unívoca una muy baja correlación con las variables bióticas. En el substrato duro la fauna de invertebrados probablemente esté más estrechamente relacionada con los recursos y la dinámica funcional que ofrece *L. fortunei* que con las propias variables ambientales mensurables.

b) se rechaza la hipótesis que los ensambles de invertebrados bentónicos sobre substrato duro presenta menos riqueza taxonómica y se acepta la hipótesis que la diversidad en el substrato duro es menor a la del substrato blando. La dominancia en la abundancia para el substrato duro en el Río de la Plata está explicada por pocos taxa, mientras que en el substrato blando la dominancia está repartida entre sus componentes. Esto se reflejó en los índices de diversidad. En Punta Indio, en la cual no existían aún registros de diversidad alfa de la comunidad bentónica, presentó ligeramente una mayor riqueza taxonómica y dominancia de Simpson en el substrato duro que en el substrato blando, al igual que Playa Bagliardi. Mientras que la diversidad de Shannon–Wiener y la equitabilidad de Pielou fue lo contrario. Por otro lado, en Playa Bagliardi se observó un incremento de la diversidad con respecto a trabajos anteriores. Se concluye que existieron más diferencias que similitudes entre los substratos y su fauna de invertebrados, ya que ambos substratos mostraron una riqueza y abundancia de invertebrados bentónicos

en común relativamente baja, siendo al substrato duro el de mayor exclusividad faunística, con casi el 50 % para ambos sitios del Río de la Plata. La estructura de las comunidades se ha mantenido en el tiempo y refleja la persistencia de los ensambles; con cierto recambio de taxa por sitios, pero teniendo a *L. fortunei*, en el substrato duro, como la especie clave y pionera en la sucesión.

c) se acepta la hipótesis que la estructura de la comunidad bentónica de substrato duro y blando sostiene comunidades de macroinvertebrados bentónicos que difieren en sus atributos funcionales. La mayoría de los taxa pertenecieron al gremio de los recolectores y filtradores, seguidos de los fragmentadores, desmenuzadores, trituradores, herbívoros y detritívoros. Particularmente en el substrato duro, el mejillón dorado ofrece a muchos otros invertebrados bentónicos claras condiciones para la colonización, proporcionando recursos adicionales a través de un aumento en la complejidad de los microhábitats disponibles y la heterogeneidad de substrato.

TRANSFERENCIA/RECOMENDACIONES/PROPUESTAS

Los datos compilados (información de base) de este trabajo de Tesis se espera que sea de utilidad como **herramienta de evaluación para la gestión ambiental**, por la amplitud temática que involucra el estudio de las comunidades bentónicas.

Por otro lado, los escasos estudios de la fauna bentónica, en particular la de substrato duro, ha generado anteriormente algunas especulaciones en este sentido, en lo referente a la diversidad, riqueza y homogeneidad de la biota, por lo que se recomienda proponer un **enfoque holístico** al momento de interpretar la **ecología de comunidades**.

Al mismo tiempo, surgieron dudas e interrogantes que llevaron a **nuevas hipótesis**, y que sería interesante responder encauzándolas con nuevos objetivos de **trabajo**, como por ejemplo:

a) analizar las respuestas poblacionales de *L. fortunei* –teniendo en cuenta su característica de **especie invasora**– **en condiciones de stress** (e.g. contaminación, alta salinidad) en la Cuenca del Plata.

b) realizar nuevos relevamientos complementarios con este diseño muestral y misma frecuencia de visitas en la comunidad de **substratos duro y blando** a los

distintos tramos del **río Paraná**, ya que los resultados obtenidos no fueron tan concluyentes como los del Río de la Plata y se necesitaría verificación.

c) analizar las interacciones poblacionales dentro de la comunidad bentónica, como la intensidad de **competencia** interespecífica entre mejillones y balanos – ambos filtradores, de hábitos epifaunales, y solapados en sus límites de distribución–.

d) incursionar en el conocimiento y potencial predictivo de los **ingenieros ecosistémicos** y de la **geometría fractal** en el substrato duro, ya que la forma, topografía de la superficie y las dimensiones irregulares (*e.g.* las agregaciones de mejillones) podrían influir en los patrones de reclutamiento, abundancia, tamaño, crecimiento y organización de los grupos de invertebrados bentónicos.

e) realizar estudios **metapoblacionales** y de **metacomunidades**, analizando las tasas de dispersión, colonización y extinciones de parches; esto permitiría entender mejor la dinámica espacial, la heterogeneidad ambiental y la biología de la conservación de las especies nativas bentónicas; y

f) la asignación de grupos funcionales debería ser completada con **trabajos experimentales manipulativos** en campo y laboratorio a los efectos de precisar y cuantificar el rol de los grupos funcionales más constantes.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento es eterno a todas aquellas personas e instituciones que contribuyeron directa o indirectamente, total o parcialmente, circunstancial o permanentemente en el desarrollo de esta Tesis Doctoral, así como también a mi formación humana y profesional.

Mi principal agradecimiento es a toda mi familia, especialmente a mi padre **Aldo Spaccesi** que estuvo siempre presente y a quien le dedico este trabajo de Tesis de corazón.

Mi gratitud a **Alejandra Rumi** por dirigir mi Tesis, por orientarme en mi carrera de postgrado y aportar siempre su valioso punto de vista y sentido común.

Quiero manifestar mi reconocimiento a todos mis colegas que con su valiosa ayuda impulsaron, alentaron o tuvieron algo que ver en la realización de este trabajo: a **Adrián de Lucía** y su equipo de trabajo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Posadas (Universidad de Misiones), quienes me ayudaron con los muestreos realizados en el Alto Paraná; a **Inés Ezcurra de Drago, Eduardo Lordi y Ramón Regner** del Instituto Nacional de Limnología de Santa Fe, quienes me ayudaron con los muestreos realizados en el Paraná Medio; a mi amiga **Patricia Pereyra** y a **Mirta García** por esperarme en todo esto; a **Paolina Pelichotti** por esos años laborales que compartimos y aprendimos juntos; a **Gustavo Darrigran** por haberme facilitado invaluable bibliografía sobre el mejillón dorado y por “enseñarme” todas las cosas que no debo hacer ni ser en la vida; a **Analía Paggi, Mauricio Remes Lenicov, Mariana Tangorra, Carolina Ocón, María Eugenia García, Agustina Cortelezzi, Vanesa López, Eugenia Ambrosio, Ana Clara Ferreira, Laura Armendáriz, Augusto Siri y Mariano Donato** por la calidez humana que me brindaron durante todos estos años y el aprendizaje que tuvimos todos juntos como compañeros de trabajo del Laboratorio de Bentos del ILPLA.

A mis amigos de la vida **Nicolás Bisciotti, Diego Brandoni, Ramiro Filiberto y Germán Gasparini** por ser mis amigos y apoyarme siempre.

Mi mención a las siguientes instituciones que facilitaron el desarrollo de esta Tesis a través de subsidios o sistema de becas (Estudio, Perfeccionamiento, Postgrado Tipo II), de un lugar de trabajo, y de apoyo logístico y metodológico: Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC),

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (**CONICET**), Instituto Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet” (**ILPLA**), División Zoología de Invertebrados, Cátedra de Ecología de Poblaciones de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata (**FCNyM-UNLP**), y al Instituto Limnología de Santa Fe (**INALI**).

Un especial agradecimiento al honorable jurado de mi Tesis: Laura Miserendino, Mercedes Marchese y Luciana Montalto por sus calificadas críticas al manuscrito.

Por último, quiero expresar mi infinito agradecimiento a **Alberto Rodrigues Capítulo** por iniciarme en el estudio de los invertebrados bentónicos, por permitirme terminar este trabajo de Tesis en los laboratorios de bentos del ILPLA, por el apoyo en mi formación científica y humana, y por sobre toda las cosa por “bancarme” en momentos difíciles en medio de mi carrera como tesista.



FERNANDO GUSTAVO SPACCESI

La Plata, noviembre de 2015

REFERENCIAS

- Acha E, Mianzán H, Guerrero R, Carreto J, Giberto D, Montoya N & Carignan M (2008). An overview of physical and ecological processes in the Río de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research*, 28: 1579–1588.
- Adão H, Alves A, Patrício J, Magalhães Neto J, Costa M & Marques J (2009). Spatial distribution of subtidal Nematoda communities along the salinity gradient in Southern European estuaries. *Acta Oecologica*, 35: 287–300.
- Agostinho A, Bonecker C & Gomes L (2009). Effects of water quantity on connectivity: the case of the upper Paraná River floodplain. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 9: 99–113.
- Allan D & Castillo M (2007). Stream ecology structure and function of running water. 2nd edn, Springer, Dordrecht, 436 pp.
- Allen Y, Thompson B & Ramcharan Ch (1999). Growth and mortality rates of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in the Lower Mississippi River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: 748–759.
- APHA (American Public Health Association, 1998). Standard methods for examination of water and wastewater, 20th edn. Washington, DC, 1325 pp.
- Armendáriz L, Rodrigues Capítulo A & Ambrosio E (2011). Relationships between the spatial distribution of Oligochaetes (Annelida, Clitellata) and environmental variables in a temperate estuary system of South America (Río de la Plata, Argentina). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 45: 263–279.
- Attrill M, Ramsay P, Thomas Myles R & Trett M (1996). An estuarine biodiversity hot-spot. *Journal of Marine Biology. Association of the United Kingdom*, 76: 161–175.
- Bazán J & Arriaga E (1993). El Río de la Plata ¿un sistema fluvio-marítimo frágil? Acercamiento a una definición de la calidad de las aguas. Conferencia de Limnología RAL '91. Instituto de Limnología "Dr. Raúl A Ringuelet", 71–82.
- Begon M, Townsend C & Harper J (2006). Ecology: from individuals to ecosystems, 4th ed., Blackwell Publishing, 759 pp.
- Bially A & MacIsaac H (2000). Fouling mussels (*Dreissena* spp.) colonize soft sediments in Lake Erie and facilitate benthic invertebrates. *Freshwater Biology*, 43: 85–97.

- Blettler M, Amsler M, Ezcurra de Drago I (2012). Hydraulic factors controlling the benthic invertebrate distribution within and among dunes of the Middle Paraná River (Argentina) and sampling techniques. *Journal of South American Earth Sciences*, 35: 27–37.
- Boltovskoy E & Lena J (1974). Foraminíferos del Río de la Plata. Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, 661: 1–22.
- Boltovskoy D, Correa N, Cataldo D & Sylvester F (2006). Dispersion and ecological impact of the invasive freshwater bivalve *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata watershed and beyond. *Biological Invasions*, 8: 947–963.
- Bonetto A (1994). Austral rivers of South America, en Marcaleer (Ed.), *Limnology Now: a paradigm of planetary problems*, Elsevier Science BV, 425–472.
- Bonetto A & Wais I (1990). El concepto de "pulso de inundación" en relación con las planicies aluviales del sistema fluvial Paraná–Paraguay. *Ecosur*, 16: 85–98.
- Bonetto A & Wais I (1995). Southern South American streams and rivers. En: Cushing C, Cummins K & Minshall G (Eds), *Ecosystems of the World 22, River and stream ecosystems*, Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, 257–293.
- Bonetto A, Varela M & Bechara J (1985/6). El bentos del Paraná medio en el tramo Corrientes–Esquina. *Ecosur*, 12/13: 37–57.
- Bonetto A, Rumi A & Tassara M (1990). Notas sobre el conocimiento limnológico de los gasterópodos paranenses y sus relaciones tróficas. II. Planorbidae, incluyendo aspectos sanitarios. *Ecosur*, 16: 69–84.
- Boschi E (1988). El ecosistema estuarial del Río de la Plata (Argentina y Uruguay). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Autónoma de México, 15: 159–182.
- Boschi E (1997). La Carcinología argentina: una reseña histórica. *Investigaciones Marinas*, Valparaíso, Chile, 25: 223–244.
- Bradbury R, Reichelt R, & Green D (1984). Fractals in ecology: Methods and interpretation. *Marine Ecology Progress Series*, 14: 295–296.
- Bray J & Curtis J (1957). An ordination of upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325–349.
- Brown J (1984). On the relationship between abundance and distribution of species. *American Naturalist*, 124: 255–79.
- Cain S (1938). The Species–Area curve. *American Midland Naturalist*, 19: 573–581.

- Camilloni I & Barros V (2000). The Paraná River response to El Niño 1982-83 and 1997-98 Events'. *Journal of Hydrometeorology*, 1: 412–430.
- Camus P & Lagos N (1996). Patrones de variación espacio-temporal del reclutamiento en dos ensambles de especies intermareales sésiles del norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 193–204.
- Carlton J (1996). Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology*, 77: 1653–1655.
- Castellanos Z Ageitos de & Landoni N (1990). La familia Mycetopodidae (Gray, 1840) en la República Argentina. *Fauna de Agua Dulce de la República Argentina*, FECIC, 16: 7–86.
- Cataldo D & Boltovskoy D (2000). Yearly reproductive activity of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia) as inferred from the occurrence of its larvae in the plankton of the Lower Paraná River and the Río de la Plata Estuary (Argentina). *Aquatic Ecology*, 34: 307–317.
- Cavallotto J (2002). Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57: 376–388.
- César I, Martín S, Rumi A & Tassara M (2012). Mollusks (Gastropoda and Bivalvia) of the multiple-use Reserve Martín García Island, Río de la Plata River: Biodiversity and Ecology. *Brazilian Journal of Biology*, 72: 121–130.
- César I, Ocón C, Paggi A, Rodrigues Capítulo A, Spaccesi F, Tangorra M & Tassara M (2000). Diversidad de invertebrados bentónicos del Río de la Plata. *Biología Acuática*, 19: 37–63.
- Clarke K (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117–143.
- Clarke K & Ainsworth M (1993). A method of linking multivariate community structure to environmental variables *Marine Ecology Progress Series*, 92: 205–219.
- Clarke K & Warwick R (2001). Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 2nd ed. PRIMER-E: Plymouth, 144 pp.
- Cortezzi A, Rodrigues Capítulo A, Boccardi L & Arocena R (2007). Benthic assemblages of a temperate estuarine system in South America: transition from a freshwater to an estuarine zone. *Journal of Marine Systems*, 68: 569–580.

- Cronk, Q & Fuller, J (2001). Plant Invaders: the Threat to Natural Ecosystems. Earthscan Publications, London, UK, 241 pp.
- Cummins K & Kluge M (1979). Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 10: 147–172.
- Cummins K & Wilzbach M (1985). Field procedures for analysis of functional feeding groups of stream macroinvertebrates. *Contribution of Appalachian Environmental Laboratory*, University of Maryland, 1611: 1–18.
- Curini Galletti M & Galleni L (1984). Mussel beds of the coasts of Livorno. 2. Mussels and their predators. *Oebalia*, 10: 117–131.
- Darrigran G (1994). Composición de la malacofauna litoral del estuario del Río de la Plata, República Argentina. *Tankay*, 1: 147–149.
- Darrigran G (1997). Invading bivalves in the Plate Basin, Neotropical Region. *Aliens*, 5: 3–4.
- Darrigran G (1999). Longitudinal distribution of molluscan communities in the Río de la Plata Estuary as indicators of environmental conditions. Malacological Review Supplement, *Freshwater Mollusca*, 8: 1–12.
- Darrigran & Rioja (1988). Distribución y selección de ambientes de los isópodos talasoides del Río de la Plata, República Argentina. *Neotropica*, 36: 105–114.
- Darrigran G & Pastorino G (1995). The recent introduction of asiatic bivalve, *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) into South America. *The Veliger*, 38: 183–187.
- Darrigran G & Ezcurra de Drago I (2000). Invasion of the exotic freshwater mussel *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1887) (Bivalvia: Mytilidae) in South America. *The Nautilus*, 114: 69–73.
- Darrigran G & Damborenea C (2011). Ecosystem engineering impact of *Limnoperna fortunei* in South America. *Zoological Science*, 28: 1–7.
- Darrigran G, Penchaszadeh P & Damborenea M (1999). The reproductive cycle of *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) Bivalvia Mytilidae from Neotropical temperature locality. *Journal Shellfish Research*, 18: 2361–2365.
- Darrigran G, Maroñas M & Colautti D (2004). Air exposure as control mechanism for the golden mussel, *Limnoperna fortunei*, (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Freshwater Ecology*, 19: 461–464.

- Darrigran G, Martín S, Gullo B & Armendáriz L (1998). Macroinvertebrates associated with *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) in Río de la Plata, Argentina. *Hydrobiologia*, 367: 223–230.
- Darrigran G, Damborenea M, Penchaszadeh P & Taraborelli C (2003). Adjustments of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia: Mytilidae) after ten years of invasion in the Americas. *Journal of Shellfish Research*, 22: 141–146.
- Day Jr J, Hall C, Kemp W, & Yáñez-Arancibia A (1989). Estuarine Ecology. John Wiley and Sons, New York, 558 pp.
- Dreher Mansur M, Pinheiro dos Santos C, Darrigran G, Heydrich I, Callil C & Rossoni Cardoso F (2003). Primeiros dados quali–quantitativos do mexilhão–dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20: 75–84.
- Escofet A, Gianuca N, Maytia S & Scarabino V (1979). Playas arenosas del Atlántico Sudoccidental entre 29° y 43° S: consideraciones generales y esquema biocenológico. En: Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur. Memorias, Montevideo, UNESCO, 245–258.
- Ezcurra de Drago I, Marchese M, & Montalto L (2007). Benthic invertebrates. Chapter 10; 251–275. En: The Middle Paraná River: Limnology of a Subtropical Wetland. Iriondo M, Paggi J & Parma M (Eds). Springer–Verlag Berlin Heidelberg.
- Fernández H & Domínguez E (Eds, 2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Editorial Universitaria de Tucumán. Serie: investigaciones de la UNT, Tucumán, Argentina, 282 pp.
- Framiñan M & Brown O (1996). Study of the Río de la Plata turbidity front, part 1: spatial and temporal distribution. *Continental Shelf Research*, 16: 1259–1282.
- Galizzi M, Zilli F & Marchese M (2012). Diet and functional feeding groups of Chironomidae (Diptera) in the Middle Paraná River floodplain (Argentina). *Iheringia*, 102: 117–121.
- Gee J & Warwick R (1994). Metazoan community structure in relation to fractal dimensions of marine macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*, 103: 141–150.

- Giberto D, Bremec C, Acha E & Mianzán H (2004). Large-scale spatial patterns of benthic assemblages in the SW Atlantic: the Río de la Plata Estuary and adjacent shelf waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61: 1–13.
- Giberto D, Bremec C, Cortelezzi A, Rodrigues Capítulo A, & Brazeiro A (2007). Ecological boundaries in estuaries: macrobenthic β -diversity in the Río de la Plata system (34–36°S). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87: 5012/1–5.
- Giller P & Malmqvist B (1998). The Biology of streams and rivers. Oxford University Press, 296 pp.
- Gómez N & Cocheró J (2013). Un índice para evaluar la calidad del hábitat en la Franja Costera Sur del Río de la Plata y su vinculación con otros indicadores ambientales. *Ecología Austral*, 23: 18–26.
- Gómez N, Licursi M & Cocheró J (2009). Seasonal and spatial distribution of the microbenthic communities of the Río de la Plata Estuary (Argentina) and possible environmental controls. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 878–887.
- Gómez N, Hualde P, Licursi M & Bauer D (2004). Spring phytoplankton of Río de la Plata: A temperate estuary of South America. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61: 301–309.
- Gosselin L & Chia F (1995). Distribution and dispersal of early juvenile snails: effectiveness of intertidal microhabitats as refuges and food sources. *Marine Ecology Progress Series*, 128: 213–223.
- Guerrero R, Acha E, Framiñan M & Lasta C (1997). Physical oceanography of the Río de la Plata Estuary, Argentina. *Continental Shelf Research*, 17: 727–742.
- Gullo B (1995). Composición de la hirudofauna asociada al biso de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Pelecypoda, Mytilidae) en el balneario Bagliardi, Río de la Plata, República Argentina. Resúmenes XVII Reunión Argentina de Ecología, Mar del Plata.
- Gullo B & Darrigran G (1991). Distribución de la fauna de hirudíneos litorales del estuario del Río de la Plata, República Argentina. *Biología Acuática*, 15: 216–217.
- Gutiérrez Gregoric D, Núñez V, Rumi A & Roche M (2006). Freshwater Gastropods from Del Plata basin, Argentina. Checklist and new locality records. Comunicaciones Sociedad Malacológica del Uruguay, 9: 51–60.

- Hammer Ø, Harper D & Ryan P (2001). PAST: PAleontological STatistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1–9.
- Hanski I (1982). Dynamics of regional distribution: The core and satellite species hypothesis. *Oikos*, 38: 210–221.
- Hanski I (1999) Metapopulation ecology. Oxford University Press, Oxford, UK, 328 pp.
- Harper D, Smith C, Kemp J & Crosa G (1998). The use of functional habitat in the conservation, mangament and rehabilitation of rivers. In: Bretschko, G & Halesic J (eds), Advaces in River Bottom Ecology, Backhuys Publisher, Leiden, The Netherlands, 315–326.
- Horvath T, Martin K & Lambert G (1999). Effect of Zebra Mussels, *Dreissena polymorpha*, on macoinvertebrates in a Lake–outlet Stream. *The American Midland Naturalist*, 142: 340–347.
- Huret M, Dadou I, Dumas F, Lazure P & Garçon V (2005). Coupling physical and biogeochemical processes in the Río de la Plata plume. *Continental Shelf Research*, 25: 629–653.
- Ituarte C (1981). Primera noticia acerca de la introducción de pelicipodos asiáticos en área rioplatense (Mollusca, Corbiculidae). *Neotrópica*, 27: 79–83.
- Jaksic F (2001). Ecología de comunidades. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 233 pp.
- Jones C, Lawton J, & Shachak M (1997). Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*, 78: 1946–1957.
- Karatayev A, Burlakova L & Padilla D (1997). The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in Eastern Europe. *Journal of Shellfish Research*, 16: 187–203.
- Karatayev A, Boltovskoy D, Padilla D & Burlakova L (2007). The invasive bivalves *Dreissena polymorpha* and *Limnoperna fortunei*: parallels, contrasts, potential spread and invasion impacts. *Journal of Shellfish Research*, 26: 205–213.
- Kostylev V, Erlandsson J, Yiu Ming M & Williams G (2005). The relative importance of habitat complexity and surface area in assessing biodiversity: fractal application on rocky shores. *Ecological Complexity*, 2: 272–286.
- Kovalenko K, Thomaz S & Warfe D (2012). Habitat complexity: approaches and future directions. *Hydrobiologia*, 685: 1–17.

- Kuhns L. & Berg M (1999). Benthic invertebrate community responses to Round Goby (*Neogobius melanostomus*) and Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion in Southern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research*, 25: 910–917.
- Lawrie S & McQuaid C (2001). Scales of mussel bed complexity: structure, associated biota and recruitment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 257 135–161.
- Lennon J, Turner J & Connell D (1997). A metapopulation model of species boundaries. *Oikos*, 78: 486–502.
- Li J, Herlihy A, Gert W, Kaufmann P, Gregory S, Urquhart S & Larsen D (2001). Variability in stream macroinvertebrates at multiple spatial scales. *Freshwater Biology*, 46: 87–97.
- Lozano S, Scharold J & Nalepa T (2001). Recent declines in benthic macroinvertebrate densities in Lake Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 518–529.
- Lopretto E & Tell G (Eds; 1995). Ecosistemas de aguas continentales. Metodología para su estudio. Ediciones Sur, Argentina, Tomo II 895 pp., y Tomo III 1401 pp.
- MacAbendroth L, Ramsay P, Foggo A, Rundle S & Bilton D (2005). Does macrophyte fractal complexity drive invertebrate diversity, biomass and body size distributions? *Oikos*, 111: 279–290.
- Magurran A (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Mandelbrot B (1982). The fractal geometry of nature. Freeman W and Co. San Francisco, CA, USA, 468 pp.
- Marchese M & Ezcurra de Drago I (1992). Benthos of the lotic environments in the Middle Paraná River system: Transverse zonation. *Hydrobiologia*, 237: 1–13.
- Marchese M, Ezcurra de Drago I & Drago E (2002). Benthic macroinvertebrates and physical habitat relationships in the Paraná River flood–plain system. Chapter 7; 111–113. In: The Ecohydrology of South American Rivers and Wetlands; Mc Clain (Eds.). IAHS, Special Publications n° 6. Wallingford, Inglaterra.
- Marchese M, Saigo M, Zilli F, Capello S, Devercelli M, Montalto L, Paporello G, & Wantzen K (2014). Food webs of the Paraná River floodplain: assessing basal sources using stable carbon and nitrogen isotopes. *Limnologica*, 46: 22–30.

- Margalef R (1991). Ecología. Ediciones Omega, Barcelona, España, 951 pp.
- Martens K & Behen F (1994). A checklist of the recent non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. *Travaux Scientifiques du Musée national d'Histoire naturelle de Luxembourg*, 22: 1–81.
- Martín S & Darrigran G (1994). *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en el balneario Bagliardi, Río de la Plata. Alteración en la composición de la malacofauna litoral. *Tankay*, 1: 161–166.
- Mateucci S & Colma A (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la OEA, Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington DC, Monografía Científica N° 22, 168 pp.
- Maytia S & Scarabino V (1979). Las comunidades del litoral rocoso del Uruguay: zonación, distribución local consideraciones biogeográficas. En: Seminario sobre ecología bentónica y sedimentación de la plataforma continental del Atlántico Sur. Memorias, Montevideo, UNESCO, 149–160.
- McQuaid C & Lindsay T (2000). Effect of wave exposure on growth and mortality rates of the mussel *Perna perna*: bottom up regulation of intertidal populations. *Marine Ecology Progress Series*, 206: 147–154.
- McLachlan A (1983). Sandy beaches ecology. A review. En: McLachlan, A & Erasmus, T (Eds.), Sandy beach ecosystems. The Hague: W Junk. 321–380. (En: Defeo *et al.*, 1992).
- Meichtry de Zaburlín N, Peso J, Garrido G & Vogler R (2010). Sucesión espacio-temporal del plancton y bentos en periodos posteriores al llenado del embalse Yacyretá (río Paraná, Argentina–Paraguay). *Interciencia* 35: 897–904.
- Menge B & Sutherland J (1976). Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *American Naturalist*, 110: 351–369.
- Merrit R & Cummins K (1996). An introduction to the aquatic insect of North America. 3^o.ed. Kendall/Hunt. Publishing Co. Dubuque, Iowa, 882 pp.
- Mesa L, Marchese M, Montalto L & Zilli F (2012). Bidirectional exchanges of benthic invertebrates in a large river–floodplain system (Parana River, Argentina). *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 48: 425–436.

- Mianzan H, Lasta C, Acha E, Guerrero R, Macchi G, Bremec C (2001). The Río de la Plata Estuary, Argentina–Uruguay. In: Seeliger U, Kjerfve B. (Eds.), Coastal marine ecosystems of Latin America. Springer, Berlin, *Ecological Studies*, 144: 185–204.
- Mills E (1971). View of the community concept, with comments on continuum and the roll of instability in some marine communities: *Vie et Milieu*, supl. 22: 145–154.
- Miserendino M (2001). Macroinvertebrate assemblages in Andean Patagonian Rivers and streams: environmental relationships. *Hydrobiologia*, 444: 147–158.
- Miserendino M & Masi C (2010). The effects of land use on environmental features and functional organization of macroinvertebrate communities in Patagonian low order streams. *Ecological Indicators*, 10: 311–319.
- Montalto & Ezcurra de Drago I (2003). Tolerance to desiccation of an invasive mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae), under experimental conditions. *Hydrobiologia*, 498: 161–167.
- Moreno C (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M & T Manuales y Tesis. SEA, Volumen 1 Zaragoza, 84 pp.
- Morrone J & Coscarón S (Eds; 1998). Biodiversidad de artrópodos argentinos. Una perspectiva biotaxonómica. Ediciones Sur, La Plata, Argentina, 599 pp.
- Morse D, Lawton J, Dodson M & Williamson M (1985). Fractal dimension of vegetation and the distributions of arthropod body lengths. *Nature*, 311: 731–733.
- Morton B (1973). Some aspect of the biology and functional morphology of the organs of feeding and digestion of *Limnoperna fortunei* (Dunker) Bivalvia Mytilacea. *Malacologia*, 12: 265–281.
- Morton B (1982). The reproductive cycle in *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidea) fouling Hong Kong's raw water supply system. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 3: 319–325.
- Nagy G (1989). Bilan des connaissances sur l'hydrolgie et l'hydrodynamisme sedimentaire du Río de la Plata. Aports de la teledetection et consequences sur l'environnement biologique. Thesis D.E.A. Océanologie, Univ. Bordeaux–I, Ser. Sedimentologie, Dep. Océanologie et Océanographie.

- Nakai K (1995). Intrusion of the freshwater mytilids mussel, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) into Japan. *Kansai Shizengo Kiko*, 17: 45–56.
- Nalepa T, Hartson D, Fanslow D, Lang G & Lozano S (1998). Declines in benthic macroinvertebrate populations in southern Lake Michigan, 1980-1993. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 2402–2413.
- Ocón C, Rodrigues Capítulo A & Paggi A (2008). Evaluation of zoobenthic assemblages and recovery following petroleum spill in a coastal area of Río de la Plata estuarine system, South America. *Environmental Pollution*, 156: 82–89.
- Oliveira M, Calheiros D, Jacobi C & Hamilton S (2011). Abiotic factors controlling the establishment and abundance of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei*. *Biological invasions*, 13: 717–729.
- Orensanz J & Estivarez M (1971). Los anélidos poliquetos de aguas salobres de la provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata (nueva serie) sección zoología*. Tomo XI: 95–104.
- Orensanz J, Schwindt E, Pastorino G, Bortolus A, Casas G, Darrigran G, Elías R, López Gappa J, Obenat S, Pascual M, Penchaszadeh P, Piriz M, Scarabino F, Spivak E & Vallarino E (2002). No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions*, 4: 115–143.
- Orfeo O & Stevaux J (2002). Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology*, 44: 309–322.
- Paggi A, Ocón C, Tangorra M & Rodrigues Capítulo A (2006). Response of the zoobenthos community along the dispersion plume of a highly polluted stream in the receiving waters of a large river (Río de la Plata, Argentina). *Hydrobiologia*, 568: 1–14.
- Paine R & Levin S (1981). Intertidal landscapes: Disturbance and the dynamics of pattern. *Ecological Monographs*, 51: 145–178.
- Parker G, Klingeman P & McLean D (1982). Bedload and size distribution in paved gravel-bed streams. *Journal of the Hydraulics Division*, 108: 544–571.
- Pastorino G, Darrigran G, Martín S & Lunaschi L (1993). *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae), nuevo bivalvo invasor en aguas del Río de la Plata. *Neotrópica*, 39: 34.

- Pavé P & Marchese M (2005). Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). *Ecología Austral*, 15: 183–197.
- Peet R (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285–307.
- Peso J & Bechara J (1999). Estructura del Zoobentos del embalse Yacyretá en dos estaciones de muestreo, antes y después de la fase de llenado a cota 76 m.s.n.m. *Revista de Ictiología*, 7: 37–47.
- Piedra-Cueva I & Fossati M (2007). Residual currents and corridor of flow in the Rio de la Plata. *Applied Mathematical Modelling*, 31: 564–577.
- Pinha G, Aviz D, Lopes Filho D, Petsch D, Marchese M & Takeda A (2013). Longitudinal distribution of Chironomidae (Diptera) downstream from a dam in a Neotropical river. *Brazilian Journal of Biology*, 73: 549–558.
- Power M, Tilman D, Estes J, Menge M, Bond W, Mills L, Daily G, Castilla J, Lubchenco J & Paine R (1996). Challenges in the quest for keystones. *BioScience*, 46: 609–620.
- Rapoport E (1959). Colémbolos de Bahía Blanca (Argentina), II. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 79–88.
- Rapoport E (1962). Colémbolos de Bahía Blanca (Argentina III). *Publicación del Instituto de edafología e hidrología n°2. Universidad Nacional del Sur*, 3–24.
- Rapoport E (2000). Contaminación por especies. Un aspecto del Cambio Global. UNLU Ciencia, Universidad Nacional de Luján, 2: 26–32.
- Rapoport E & Cuttini de Izarra D (1962). Colémbolos de Bahía Blanca (Argentina) V. *Physis*, 249–256.
- Resh V, Norris R & Barbour M (1995). Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. *Australian Journal of Ecology*, 20: 108–121.
- Rhoads D & Boyer L (1982). The effects of marine benthos on physical properties of sediments. A successional perspective, 3–52. En PL McCall & Tevesz MJ (eds.). Animal–sediment relations. The biogenic alterations of sediments. Plenum Press, New York.

- Ricciardi A (1998). Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems. *Biofouling*, 13: 97–106.
- Ricciardi A, Whoriskey F & Rasmussen J (1997). The role of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in structuring macroinvertebrates communities on hard substrata. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences Journal*, 54: 2596–2608.
- Ringuelet R (1985). Annulata: Hirudinea. *Fauna de Agua Dulce de la República Argentina*. FECIC, 17: 11–321.
- Roccatagliata D (1981). *Claudicuma platensis* gen. et sp. nov. (Crustacea, Cumacea) de la ribera argentina del Río de la Plata. *Physis* (b), 39: 79–87.
- Rodrigues Capítulo A, Tangorra M & Ocón C (2001). Use of Benthic macroinvertebrates to assess the biological status of pampean streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35: 109–119.
- Rodrigues Capítulo A, Ocón C, Tangorra M, Paggi A, Cortelezzi A & Spaccesi F (2003). Estudios zoobentónicos recientes en el Río de la Plata. *Biología Acuática*, 21: 18–29.
- Rodrigues Capítulo A, César I, Tassara M, Paggi A & Remes Lenicov M (1998). Distribution of the macrobenthic fauna of the South Coastal Fringe of the Rio de la Plata River (Argentina). Impact of the urban contamination. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 26: 1260–1265.
- Rojas Molina F & José de Paggi S (2008). Zooplankton in the Paraná River floodplain (South America) before and after the invasion of *Limnoperna fortunei* (Bivalvia). *Wetlands*, 28: 695–702.
- Rojas Molina F, José de Paggi S & Devercelli M (2010). Zooplanktophagy in the natural diet and selectivity of the invasive mollusk *Limnoperna fortunei*. *Biological Invasions*, 12: 1647–1659.
- Rosenzweig, M (1995). Species diversity in space and time. Cambridge University Press. 437 pp.
- Rossi G & Claps M (1991). Tardígrados dulceacuícola de la Argentina. *Fauna de agua dulce de la República Argentina* PROFAU (CONICET) La Plata Castellanos, Z A de (dir.), 19: 70 pp.

- Rosso de Ferradás B & Fernández H (2001). Acari. En: Fernández H & Domínguez E (eds.). Guía para la determinación de artrópodos bentónicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 237–256.
- Rumi A, Martín S, Tassara M & Darrigran G (1996). Moluscos de agua dulce de la Reserva Natural e Histórica Isla Martín García. Río de la Plata, Argentina. Comunicación Sociedad Malacología Uruguay, 8: 7–12.
- Rumi A, Gutiérrez Gregoric D, Núñez V & Darrigran G (2008). Malacología Latinoamericana. Moluscos de agua dulce de Argentina. *Revista Biología Tropical*, 56: 77–111.
- Rumi A, Gutiérrez Gregoric D, Núñez V, César I, Roche M, Tassara M, Martín S & López Armengol F (2006). Freshwater Gastropoda from Argentina: species richness, distribution patterns, and an evaluation of endangered species. *Malacologia*, 49: 189–208.
- Sardiña P, Cataldo D & Boltovskoy D (2008). The effects of the invasive mussel, *Limnoperna fortunei*, on associated fauna in South American freshwaters: importance of physical structure and food supply. *Fundamental and Applied Limnology*, 173: 135–144.
- Sardiña P, Cataldo D & Boltovskoy D (2009). Effects of conspecifics on settling juveniles of the invasive golden mussel, *Limnoperna fortunei*. *Aquatic Sciences*, 71: 479–486.
- Sardiña P, Chaves E & Marchese M (2011). Benthic community responses to invasion by the golden mussel, *Limnoperna fortunei* Dunker: biotic homogenization vs environmental driving forces. *Journal of the North American Benthological Society*, 30: 1009–1023.
- Scarabino F & M Verde (1995). *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) en la costa uruguaya del Río de la Plata (Bivalvia, Mytilidae). Comunicación Sociedad Malacología Uruguay, 7: 374–375.
- Schoener T (1987). The geographical distribution of rarity. *Oecologia*, 74: 161–173.
- Seed R (1996). Patterns of diversity in the macro-invertebrate fauna associated with mussel patches on rocky shore. *Journal of the Marine Biology Association of the United Kingdom*, 76: 203–210.

- Sepúlveda H, Valle-Levinson A & Framiñan M (2004). Observations of subtidal and tidal flow in the Río de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research*, 24: 509–525.
- SHN (Servicio de Hidrografía Naval, 2001). Tablas de marea: Puertos de la República Argentina y algunos puertos de Brasil, Uruguay y Chile. Servicio de Hidrografía Naval (Ed.), Armada Argentina, República Argentina, 504 pp. (página web: <http://www.hidro.gov.ar/>).
- Silver Botts P, Patterson B & Schloesser D (1996). Zebra mussel effects on benthic invertebrates: physical or biotic? *Journal of the North American Benthological Society*, 15: 179–184.
- Simberloff D & Dayan T (1991). The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22: 115–143.
- Snover M & Commito J (1998). The fractal geometry of *Mytilus edulis* L. spatial distribution. in a soft-bottom system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 223: 53–64.
- Spaccesi F (2013). Abundance, recruitment, and shell-growth of the exotic mussel *Limnoperna fortunei* in the Río de la Plata, Argentina. *Zoological Studies*, 52: 1–11.
- Spaccesi F & Rodrigues Capítulo A (2012). Benthic communities on hard substrates covered by *Limnoperna fortunei* Dunker (Bivalvia, Mytilidae) at an estuarine beach (Río de la Plata, Argentina). *Journal of Limnology*, 71: 144–153.
- Spivak E & L'Hoste S (1976). Presencia de cuatro especies de *Balanus* en la costa de la provincia de Buenos Aires. Distribución y aspectos ecológicos. Mar del Plata (Argentina) 17 pp.
- Stephenson T & Stephenson A (1949). The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts. *Journal of Ecology*, 37: 289–305.
- Stewart T & Haynes J (1994). Benthic macroinvertebrate communities of Southwestern Lake Ontario following invasion of *Dreissena*. *Journal of Great Lakes Research*, 20: 497–493.
- Strayer D & Smith L (2001). The zoobenthos of the freshwater tidal Hudson River and its response to the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasion. *Archiv für Hydrobiologie*, 139: 1–52.

- Strayer D, Malcom H, Bell R, Carbotte S & Nitsche F (2006). Using geophysical information to define benthic habitats in a large river. *Freshwater Biology*, 51: 25–38.
- Sylvester F, Boltovskoy D, & Cataldo D (2007a). Fast response of freshwater consumers to a new trophic resource: predation on the recently introduced asian bivalve *Limnoperna fortunei* in the Lower Paraná River, South America. *Austral Ecology*, 32: 403–415.
- Sylvester F, Boltovskoy D & Cataldo D (2007b). The invasive bivalve *Limnoperna fortunei* enhances benthic invertebrate densities in South American flood plain rivers. *Hydrobiologia*, 589: 15–27.
- Sylvester F, Dorado J, Boltovskoy D, Juárez A & Cataldo D (2005). Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnoperna fortunei* as a function of size and temperature. *Hydrobiologia*, 534: 71–80.
- Taberner R (1982). Redescrición de *Fritzianira exul* (Muller, 1892) (Isopoda, Janiridae). *Physys* (b), 41: 19–23.
- Taberner R (1983). Hallazgo de un tanaidaceo del género *Kalliapseudes* en la costa bonaerense del Río de la Plata. *Neotrópica*, 29: 11–18.
- Taberner R (1988a). Sobre las especies de agua dulce de la familia Sphaeromatidae (Isópoda, Flabellifera). I: *Basphaeroma rhombofrontale* (Giambiagi, 1922). *Physys* (b), 46: 21–27.
- Taberner R (1988b). Sobre las especies de agua dulce de la familia Sphaeromatidae (Isopoda, Flabellifera). II: *Pseudophaeroma platense* (Giambiagi, 1922). *Physys* (b), 46: 59–64.
- Tharme R (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, 19: 397–441.
- Townsend C (1989). The patch dynamics concepts of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 8: 36–50.
- Townsend C & Hildrew A (1994). Species traits in relation to a habitat templet for river systems. *Freshwater Biology*, 31: 265–275.
- Tsuchiya M & Bellan–Santini D (1989). Vertical distribution of shallow rocky shore organisms and community structure of mussel beds (*Mytilus galloprovincialis*) along the coast of Marseille, France. *Mesogee*, 49: 91–110.

- Tsuchiya M & Retière C (1992). Zonation of intertidal organisms and community structure of small animals associated with patches of the Mussel *Mytilus edulis* along the rocky coast of Dinard, Brittany, France. *Bulletin of the College of Science University of Ryukus*, 54: 47–81.
- Varela M, Bechara J & Andreani N (1983). Introducción al estudio de bentos del Alto Paraná. *Ecosur*, 10: 103–126.
- Vega Vélez M (1980). Introducción a la ecología del bentos marino. Secretaría General de la OEA, Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington DC, Monografía científica n° 9; 98 pp.
- Villar C, de Cabo L, Vaithyanathan P & Bonetto C (2001). Litter decomposition of emergent macrophytes in a floodplain marsh of the Lower Paraná River. *Aquatic Botany*, 70: 105–116.
- Warfe D, Barmuta L & Wotherspoon S (2008). Quantifying habitat structure: surface convolution and living space for species in complex environments. *Oikos*, 117: 1764–1773.
- Wells P & Daborn G (Eds; 1998). El Río de la Plata una revisión ambiental. Un informe de antecedentes del proyecto EcoPlata. Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia Canadá, 256 pp.
- Whittaker R (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213–251.
- Wilson J (1999). Guilds, functional types and ecological groups. *Oikos*, 86: 507–522.
- Wisenden P & Bailey R (1995). Development of macroinvertebrates community structure associated with zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization of artificial substrates. *Canadian Journal of Zoology*, 73: 1438–1443.
- Zar J (1996). Bioestatistical Analysis. 3th Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA, 707 pp.
- Zilli F, Montalto L & Marchese M (2008). Benthic invertebrate assemblages and functional feeding groups in the Paraná River floodplain (Argentina). *Limnologica*, 38: 159–171.

APÉNDICE

Fig. 32. Gráfica que muestra la abundancia de individuos de *Limnoperna fortunei* en Playa Bagliardi y Punta Indio durante relevamientos mensuales realizados entre el 2001 y 2002; previo a los muestreos para esta Tesis. (A) individuos > 1 mm, y (B) individuos < 1 mm (reclutas). Las barras de error muestran la desviación estándar. (Tomado de Spaccesi, 2013; ver en Referencias).

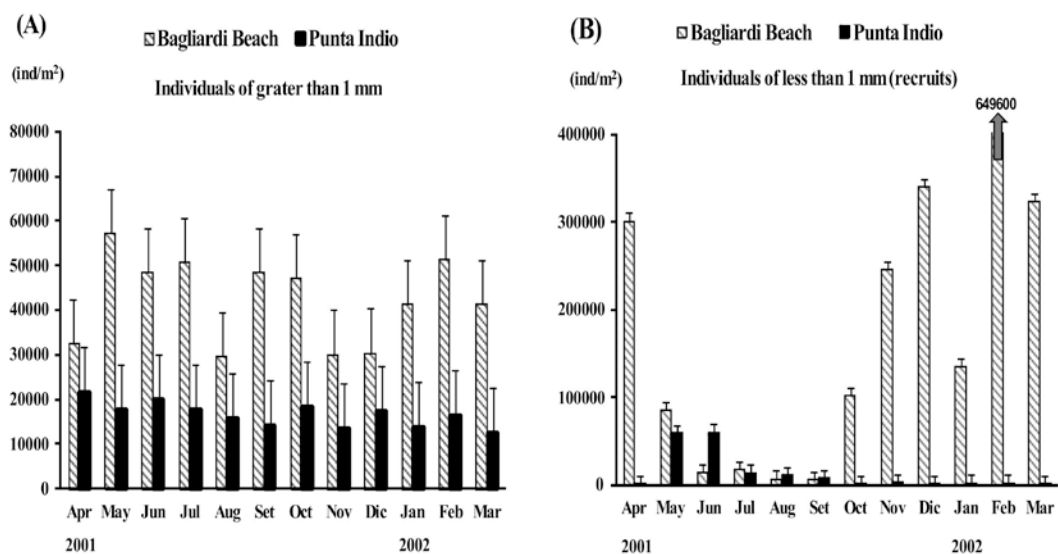
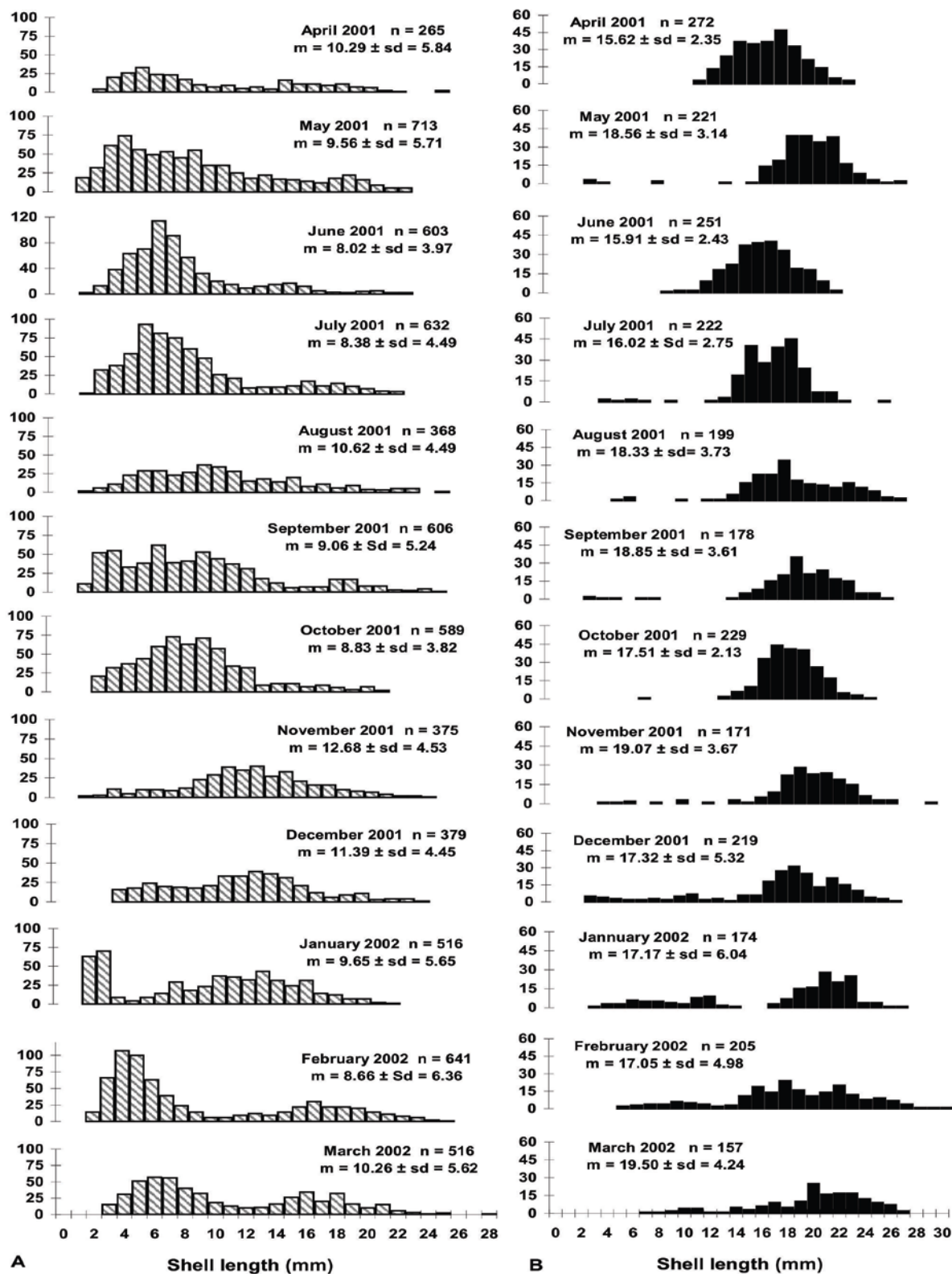


Fig. 33. Gráfica que muestra la distribución de frecuencia de tallas (Shell length) de *Limnoperna fortunei* (a intervalos de 1 mm), durante relevamientos mensuales realizados entre el 2001 y 2002; previo a los muestreos para esta Tesis. (A) Playa Bagliardi, y (B) Punta Indio; n: número de individuos totales > 1 mm, m: media, sd: desviación estándar. (Tomado de Spaccesi, 2013; ver en Referencias).

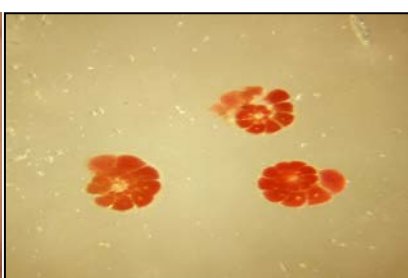


ANEXO

Algunos de los taxa de invertebrados meso y meiobentónicos (individuos > 60 µm) encontrados en el Río de la Plata y río Paraná.



CILIOPHORA
Vorticella sp.



FORAMINIFERA
Ammonia beccarii



CNIDARIA
Hydra sp.



CNIDARIA
Cordylophora caspia



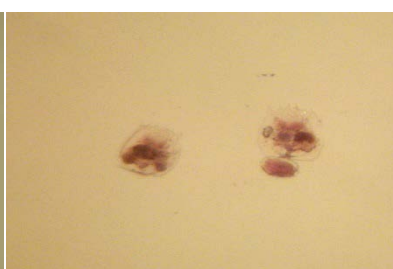
PLATYHELMINTHES
Dugesiidae



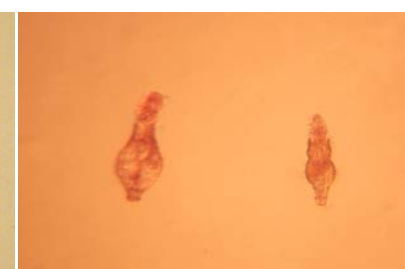
PLATYHELMINTHES
Temnochepala sp.



PLATYHELMINTHES
Turbellaria



ROTIFERA
Brachionus sp.



ROTIFERA



NEMATODA



OLIGOCHAETA
Tubificidae



OLIGOCHAETA
Naidininae



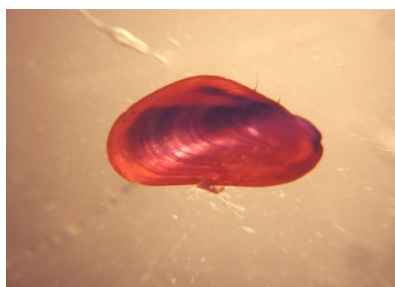
POLYCHAETA
Neanthes succinea



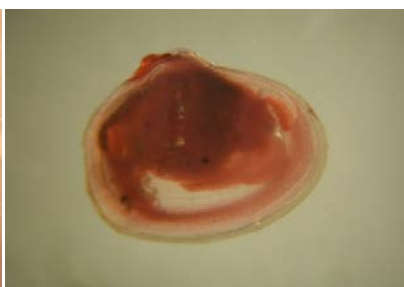
HIRUDINEA
Glossiphoniidae



HIRUDINEA
Helobdella sp.



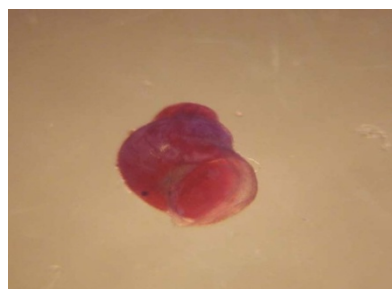
BIVALVIA
Limnoperna fortunei



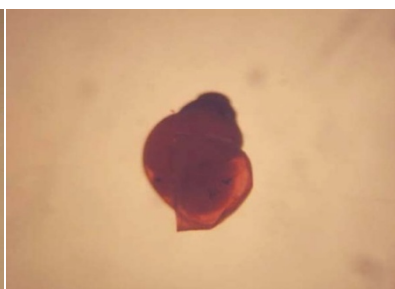
BIVALVIA
Corbicula fluminea



GASTROPODA
Uncancylus concentricus



GASTROPODA
Potamolithus sp.



GASTROPODA
Heleobia sp.



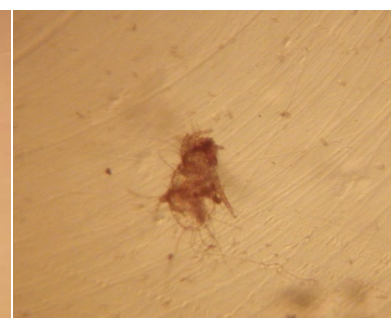
TARDIGRADA
Dactylobiotus dispar



HYDRACHNIDIA



HYDRACHNIDIA



HYDRACHNIDIA



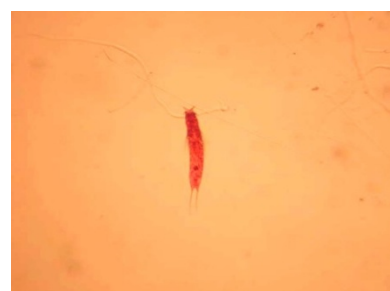
HYDRACHNIDIA



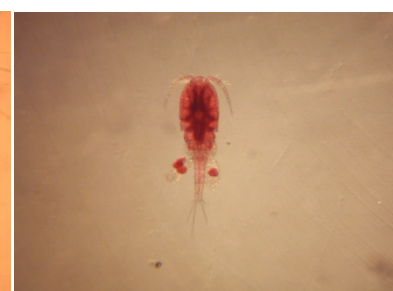
HYDRACHNIDIA



HARPACTICOIDA
Cletocamptus deitersi



HARPACTICOIDA



CYCLOPOIDA
Cyclopidae



CYCLOPOIDA
Cyclopidae



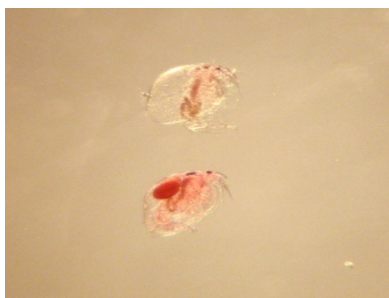
CALANOIDA
Centropagidae



CALANOIDA
Centropagidae



CLADOCERA
Bosmina sp.



CLADOCERA
Chydoridae



CLADOCERA
Daphnidae



CLADOCERA
Moina sp.



OSTRACODA
Cyprideis sp.



OSTRACODA



CIRRIPIEDIA
Balanus improvisus



AMPHIPODA
Corophium rioplatense



AMPHIPODA
Hyalella pampeana



TANAIDACEA
Kalliapseudes sp.



TANAIDACEA
Sinelobus stanfordi



CUMACEA
Claudicuma platensis



DECAPODA
Chasmagnathus granulata



ISOPODA
Heteras exul



ISOPODA
Pseudosphaeroma platense



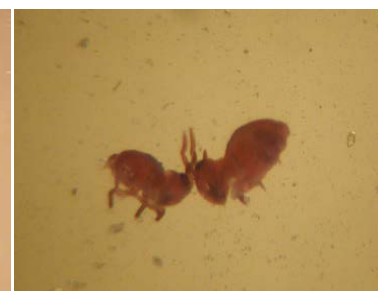
COLLEMBOLA
Entomobryidae



COLLEMBOLA
Isotomidae



COLLEMBOLA
Poduridae



COLLEMBOLA
Sminthuridae



EPHEMEROPTERA
Caenidae



DIPTERA
Chironomidae



DIPTERA
Chironomidae



DIPTERA
Ceratopogonidae



DIPTERA
Empididae



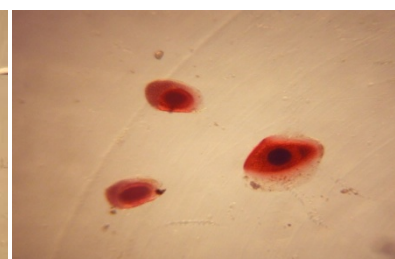
DIPTERA
Psychodidae



DIPTERA
Dolichopodidae



THYSANOPTERA



Eupios simples